В. Ф. ШИЛОВ




# КОНСТРУКЦИИ НА НЕОНОВОЙ ЛАМПЕ

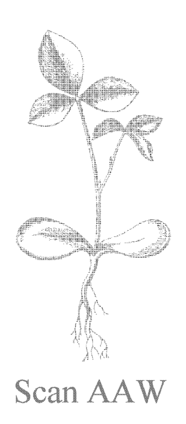


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

*Выпуск 732*

В. Ф. ШИЛОВ

# КОНСТРУКЦИИ НА НЕОНОВОЙ ЛАМПЕ






«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1970

6Ф2.08
Ш59
УДК 621.327.42



**Шилов В. Ф.**

Ш59 Конструкции на неоновой лампе. М., «Энергия», 1970.

40 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 732).

Брошюра знакомит с устройством, принципом работы и возможным практическим применением неоновой лампы типа МН-3 в качестве индикатора напряжений и токов, в различных простых электроизмерительных приборах, генераторах электрических колебаний. электронных реле.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей.

3-4-5 / 325а-69 6Ф2.08

*Шилов Валентин Федорович*

**Конструкции на неоновой лампе**

Редактор *В. Г. Борисов*

Обложка художника *Н. Т. Ярешко*

Технический редактор *Л. В. Иванова* Корректор *И. Д. Панина*

Сдано в набор 26/II 1969 г. Подписано к печати 4/II 1970 г. Т-04027
Формат 84Х108¹/₃₂ Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 2,1 Уч.-изд. л. 2,86
Тираж 30 000 экз. Цена 12 коп. Зак. 2101

Издательство „Энергия". Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

## НЕОНОВЫЕ ЛАМПЫ

Неоновые лампы относятся к классу приборов тлеющего разряда. Неоновая лампа любого типа представляет собой два плоских или цилиндрических электрода в стеклянном баллоне, заполненном инертным газом — неоном, аргоном или смесью их с гелием.

Один из электродов неоновой лампы является ее катодом, другой — анодом. При включении неоновой лампы в цепь переменного тока каждый из ее электродов попеременно с частотой тока становится то анодом, то катодом.

Наиболее распространена неоновая лампа типа МН-3. Устройство лампы этого типа и графическое обозначение неоновых ламп на схемах показаны на рис. 1.

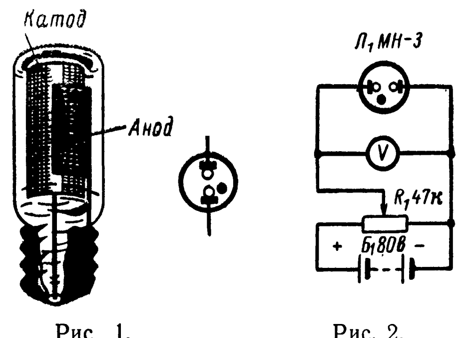



Рис. 1. Рис. 2.

Пользуясь схемой на рис. 2, соберем простую установку из неоновой лампы $Л_1$, источника питания $Б_1$, потенциометра $R_1$ и вольтметра $V$ с пределом измерений до 150 *в*. Источником питания может быть батарея гальванических элементов или маломощный выпрямитель переменного тока, дающий напряжение не ниже 80 *в*.

Пока напряжение на электродах лампы мало (меньше 35—40 *в*), газ является изолятором. Внутреннее сопротивление лампы велико, ток через нее не идет или он очень мал. По мере перемещения движка потенциометра влево (по схеме) напряжение на электродах лампы постепенно увеличивается. При некотором определенном для данной лампы напряжении, действующем между ее электродами, в ней возникает тлеющий разряд — газ возле катода лампы светится. При этом внутреннее сопротивление лампы резко уменьшается, а ток через нее возрастает.

Напряжение, при котором в лампе возникает тлеющий разряд, называют **напряжением зажигания**. Величина его зависит от состава и давления газа в лампе, материала и формы электродов, а также расстояния между ними.

Лампа типа МН-3 обладает самым низким напряжением зажигания — 50—60 *в* и во время разряда пропускает ток до 2—3 *ма*.

Возникновение тлеющего разряда в неоновой лампе можно объяснить следующим образом. В газе, даже при комнатной температуре, часть его молекул ионизирована, т. е. в газе среди нейтральных молекул существуют свободные электроны и положительные ионы — молекулы газа, потерявшие часть электронов.

При подаче на электроды лампы постоянного напряжения между ними возникает электрическое поле. Под действием этого поля электроны движутся к положительному электроду лампы — аноду, а положительные ионы к отрицательному электроду — катоду. Если напряженность электрического поля между электродами достаточно велика, электроны приобретают такие скорости, что при столкновении с молекулой газа ионизируют ее; в свою очередь ионы «бомбардируют» катод и выбивают из него электроны. Освободившиеся электроны обладают разным запасом энергии и при столкновении с атомами газа сообщают электронам этих атомов добавочную энергию. При определенной величине порции добавочной энергии электрон атома может «перескочить» на более удаленную от ядра орбиту или даже совсем покинуть атом. Атом, потерявший электрон, становится **ионизированным**. Если электрон остается в системе атома и лишь переходит на более удаленную от ядра орбиту, то атом становится **возбужденным**.

Электрон в возбужденном атоме обладает определенным запасом потенциальной энергии. Но состояние возбуждения длится недолго — около миллиардной доли секунды. Электрон в атоме стремится перейти к состоянию с минимальной потенциальной энергией и возвращается на нормальную для него, ближнюю к ядру орбиту. При этом избыток энергии атома излучается в виде кванта света. Поэтому и светится газ вблизи катода лампы.

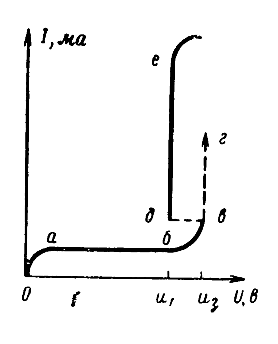


Рис. 3.

Цвет свечения может быть красным или красно-оранжевым — в зависимости от состава инертного газа в баллоне лампы.

В результате ионизации газ внутри лампы становится электропроводным, но в отличие от металлов, где ток создается электронами, здесь ток образуют как электроны, так и ионы. В отличие от металлов, для которых зависимость тока от напряжения прямо пропорциональна (по закону Ома), для газов эта зависимость гораздо сложнее и выражают ее вольт-амперной характеристикой (рис. 3). Вольт-амперную характеристику можно разделить на ряд участков. Участок *оа* выражает зависимость тока ионизации газа от напряжения между электродами лампы. Под действием ионизатора (радиоактивное излучение земли, действие космических лучей) в единице объема газа образуется определенное число ионов и электронов, ко-

торые, сталкиваясь, рекомбинируют (деионизируют), т. е. образуют нейтральные молекулы. Поэтому концентрация ионов и электронов в единице объема газа при неизменной температуре остается постоянной. При повышении напряжения между электродами лампы все меньшая часть электронов и ионов будет рекомбинировать. А при напряжении, соответствующем на вольт-амперной характеристике напряжению точки *а*, все ионы и электроны, возникшие под действием ионизатора, устремляются к электродам.

Участок *аб* показывает, что при значительном изменении напряжения на электродах лампы ток через нее остается неизменным. При дальнейшем повышении напряжения до значения $u_з$ (участок *бв*) движение электронов под действием усиливающегося электрического поля ускоряется. Сталкиваясь с нейтральными молекулами, они выбивают из этих молекул электроны, создавая тем самым дополнительную ионизацию, а появившиеся новые электроны вызывают еще бóльшую ионизацию молекул газа. В результате общее количество ионов и свободных электронов в межэлектродном пространстве и ток через лампу нарастают лавинообразно (участок *бв*) и лампа зажигается. При этом напряжение между электродами лампы падает до значения $u_г$ (участок *вд*), так как ее внутреннее сопротивление уменьшается.

Для предотвращения перегрева электродов последовательно с лампой включают резистор. При повышении напряжения ток, проходящий через лампу, увеличивается (участок *де*), внутреннее же сопротивление лампы уменьшается, поэтому напряжение между электродами лампы остается практически постоянным. Но и в этом случае в лампе одновременно с ионизацией газа происходит рекомбинация. Оба эти процесса требуют некоторого времени, поэтому ионные приборы обладают инерционностью и в этом отношении уступают электронным приборам.

Ввиду малой подвижности ионов создаваемый ими ток составляет небольшую часть общего тока через лампу. Вследствие рекомбинации ионов и электронов внутри лампы отрицательный пространственный заряд отсутствует. Это облегчает передвижение электронов от катода к аноду, поэтому ток в ионных приборах больше, чем в электронных, а внутреннее сопротивление меньше. Основное влияние ионов в межэлектродном пространстве на образование анодного тока заключается в нейтрализации отрицательного пространственного заряда вблизи катода. Анодное напряжение в межэлектродном пространстве распределяется неравномерно. Наибольшее падение напряжения получается вблизи катода, что объясняется скоплением около него положительных ионов. Вблизи катода электрическое поле имеет наибольшую напряженность. Эту область называют областью катодного падения потенциала. Остальную, причем бóльшую часть межэлектродного промежутка называют столбом разряда или областью электронно-ионной плазмы. Газ, прилегающий к активной части катода, светится слабо, отсюда и название явления разряда — «тлеющий».

Площадь свечения газа возле катода неоновой лампы зависит от тока, проходящего через нее. С увеличением тока в работу включаются все новые участки катода и площадь свечения расширяется. Напряжение на электродах лампы при этом сохраняется почти неизменным до тех пор, пока свечением будет охвачен весь катод.

При прохождении через неоновую лампу переменного тока свечение газа наблюдается у обоих электродов.

## ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Питание конструкций, построенных на базе неоновой лампы МН-3, удобнее осуществлять не с помощью батареи гальванических элементов, а с помощью выпрямителя. Так как напряжение для питания различных конструкций неодинаково, то выпрямитель должен давать регулируемое напряжение на выходе.

Схема такого выпрямителя приведена на рис. 4. Это двухполупериодный выпрямитель, собранный по мостовой схеме. Мощность трансформатора $Тр_1$ не более чем 40 *вт*. Можно применить трансформатор типа АРЗ-54 или ему подобный. Дросселем может быть первичная обмотка выходного трансформатора от любого лампового приемника. Мост состоит из четырех диодов типа Д226. Электролитические конденсаторы $C_1$ и $C_2$ емкостью 30 *мкф* и на напряжение 300 *в*. Переменный резистор $R_1$ проволочный.

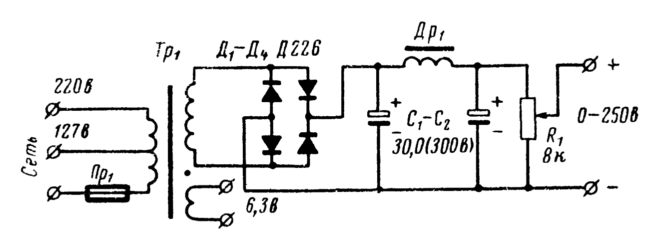



Рис. 4.

После того как составные части выпрямителя подобраны, их размещают и закрепляют на металлическом шасси. Далее выполняют пайку, используя при этом провод в хлорвиниловой изоляции. После монтажа выпрямитель нужно поместить в металлическую коробку и вывести на ее поверхность шнур для подачи сетевого напряжения, два зажима со знаками «+» и «—», два зажима со знаками ~6,3 *в*, ось переменного резистора, на которую надевают ручку с указателем. Кроме того, на корпус выпрямителя к переменному резистору подклеивают шкалу, на которую наносят деления. Для этого выпрямитель включают в сеть, а к выходным зажимам присоединяют вольтметр постоянного тока. Поворачивают ручку переменного резистора от нулевого положения (по схеме снизу вверх) и через каждые 10 *в* против указателя ручки ставят деления. Полученная шкала будет давать приближенные значения напряжения на выходе выпрямителя, так как напряжение сети нестабильно. Однако эта шкала вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым радиолюбителями к источникам питания с регулируемым напряжением.

## ИНДИКАТОРЫ

С помощью неоновой лампы можно определить, заряжено ли тело, например конденсатор, перегорел ли плавкий предохранитель, произошел ли обрыв одного из проводов трехфазного двигателя при его работе, стабильно ли напряжение в электроосветительной сети и многое другое, не применяя для этого специальные приборы.

**Индикатор наэлектризованности тела.** Чтобы определить, заряжено ли тело, например пластмассовая палочка (расческа), потертая о шерсть, его надо коснуться выводом электрода неоновой лампы. Лампу же следует держать за вывод второго электрода. Если заряд тела достаточно высокий, то в лампе возникает тлеющий разряд. Горение лампы будет продолжаться до тех пор, пока разность потенциалов между заряженным телом и рукой (землей) не станет ниже ее напряжения горения.

**Индикатор полярности.** Поскольку свечение газа возникает у катода, находящегося под отрицательным потенциалом, то при помощи неоновой лампы можно определить полярность источника постоянного тока, если, конечно, его напряжение не ниже напряжения зажигания неоновой лампы. Для этого неоновую лампу подключают поочередно к выводам источника тока и смотрят, какой из ее электродов при этом светится.

Подключая неоновую лампу к источнику постоянного тока, полярность которого известна, можно точно установить, как электроды лампы присоединены к цоколю.

**Указатель фазового провода.** В квартиру введены два провода электросети. Один из них, называемый нулевым, соединен с землей. Прикосновение к нему безопасно.

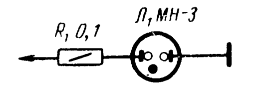



Рис. 5.

Другой провод, называемый фазовым, находится под полным напряжением относительно земли, и прикосновение к нему небезопасно

Определить, какой провод нулевой, а какой фазовый, можно с помощью приборчика, схема которого показана на рис. 5. Его можно вмонтировать внутрь полой рукоятки отвертки, изготовленной из прозрачной пластмассы. Один электрод лампы через резистор $R_1$ соединяют с лезвием отвертки, другой электрод подключают к металлическому кольцу, насаженному на рукоятку отвертки. Прикосновение лезвием отвертки к нулевому проводу не вызывает зажигания лампы, а если коснуться фазового провода, то лампа зажжется. Отвертку следует держать так, чтобы был обеспечен контакт между рукой и металлическим кольцом.

**Индикатор перегорания предохранителя.** В поисках перегоревшего плавкого предохранителя приходится поочередно вывертывать из гнезд все предохранители. Если же параллельно каждому предохранителю включить последовательно соединенные неоновую лампу и резистор (рис. 6), то при перегорании предохранителя напряжение сети через включенные электроприборы и резистор окажется приложенным к неоновой лампе, вызывая ее зажигание. Свечение неоновой лампы указывает на неисправность данного предохранителя.

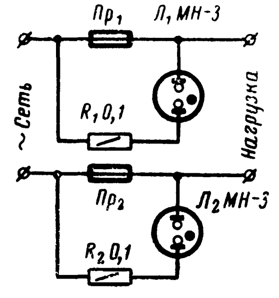



Рис. 6.

**Указатель обрыва фазового провода.** В электродвигателе трехфазного тока три обмотки, каждая из которых имеет два самостоятельных вывода. При соединении обмоток электродвигателя «звездой» к началам обмоток присоединяют фазовые провода электросети, а к концам обмоток, соединенным вместе, — нулевой провод.

При исправно работающем электродвигателе тока в его нулевом проводе нет, не будет и падения напряжения на резисторе $R_2$ (рис. 7). Неоновая лампа $Л_1$ не горит. В случае обрыва одного из фазовых проводов электродвигатель работы не прекращает, однако обмотки его начинают греться, двигатель может выйти из строя. В этом случае в нулевом проводе появляется ток, который создает на резисторе $R_2$ падение напряжения и тем самым вызывает зажигание неоновой лампы. Горение неоновой лампы — сигнал об обрыве фазового провода.

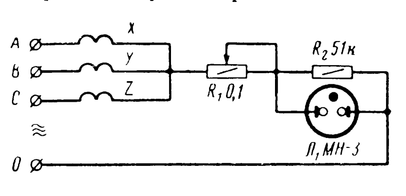



Рис. 7.

Резистор $R_1$ устраняет ложный сигнал, который может быть при неравенстве фазовых напряжений в цепи питания. После запуска электродвигателя ползунок резистора $R_1$ нужно установить так, чтобы неоновая лампа не горела.

**Индикатор напряжения электросети.** В течение суток напряжение электроосветительной сети обычно изменяется в некоторых пределах. Вечером, когда общее число электроприборов, включаемых в сеть, увеличивается, напряжение несколько падает. Днем же, когда нагрузка сети уменьшается, напряжение становится нормальным или несколько выше нормы.

Для некоторых электробытовых приборов и устройств, например для телевизора или радиоприемника, значительные изменения напряжения сети не желательны. Контролировать напряжение сети можно с помощью вольтметра, но для этой цели пригоден и индикатор.

Схема такого индикатора показана на рис. 8. В сеть переменного тока с напряжением 220 *в* включены два делителя напряжения: $R_1$, $R_2$ и $R_3$, $R_4$. Неоновые лампы $Л_1$ и $Л_2$ включены параллельно резисторам $R_1$ и $R_3$. Сопротивления резисторов $R_1$ и $R_2$ выбраны так, что когда напряжение сети равно минимально допустимому (200 *в*), то падение напряжения на резисторе $R_1$ оказывается достаточным для зажигания лампы $Л_1$. Падение напряжения на резисторе $R_3$ равно напряжению зажигания лампы $Л_2$ лишь тогда, когда напряжение сети увеличивается до максимально допустимого (230 *в*). Следовательно, если напряжение сети находится в допустимых пределах, то горит одна лампа $Л_1$. Если ни одна из ламп не горит, значит напряжение сети недостаточно для нормальной работы прибора. Горение же обеих ламп свидетельствует о завышенном напряжении. В обоих случаях прибор необходимо отключить от сети.

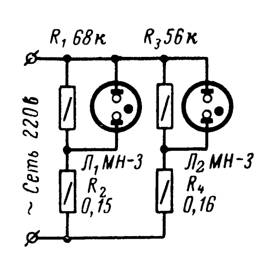



Рис. 8.

В индикаторе напряжения можно использовать неоновые лампы с напряжением зажигания, отличающимся от напряжения гашения не более чем на 5—8%. Если разница в этих напряжениях значительная, то последовательно с каждой неоновой лампой необходимо включить резисторы сопротивлением по 270—300 *ком*.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОБНИК

Пробники — это простые приборы для быстрой проверки на исправность разных, в том числе и радиотехнических, деталей. Индикатором простого пробника может служить неоновая лампа (рис. 9).

Чтобы пробник был универсальным, его целесообразно смонтировать на шасси (рис. 10) размерами примерно 130×70×50 *мм.* Входные зажимы пробника следует разместить на боковой панели шасси, а на верхней — остальные четыре зажима *1*, *2*, *3* и *4* (рис. 9) и патрон для лампы.

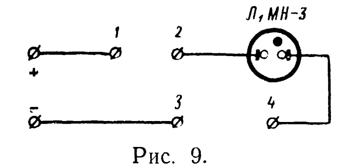
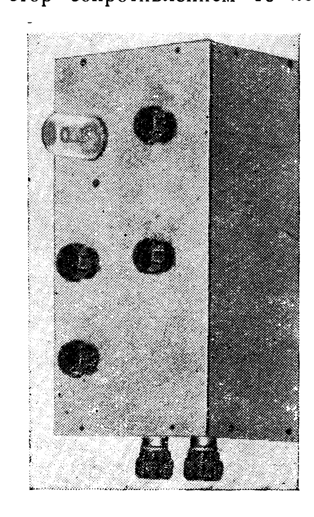


Рис. 9.

**Проверка конденсаторов.** К зажимам *1* и *2* присоединяют резистор сопротивлением 10 *ком*, а к зажимам *3* и *4* — проверяемый конденсатор ($C_x$). К входным зажимам через кнопку подключают источник питания напряжением 80 *в*. В результате получается электрическая цепь, схема которой показана на рис. 11.


Рис. 10.

Если конденсатор исправен, то при замыкании цепи кнопкой конденсатор заряжается до напряжения источника питания и неоновая лампа вспыхивает и тут же гаснет.

Таким пробником можно проверять бумажные, слюдяные, керамические и электролитические конденсаторы емкостью, начиная примерно от 2 700 *пф* и выше. С увеличением емкости конденсатора время горения неоновой лампы увеличивается. Оно сравнительно велико для электролитических конденсаторов. Если конденсатор пробит, то неоновая лампа светится все время после замыкания цепи. В случае обрыва выводных проводников обкладок внутри конденсатора лампа не зажигается.

**Проверка обмоток низкочастотных дросселей и трансформаторов.** К зажимам *1* и *2* подключают резистор сопротивлением 10 *ком,* зажимы *3* и *4* закорачивают проволочной перемычкой, а к зажимам *2* и *3* присоединяют выводы проверяемой обмотки (рис. 12).

В моменты замыкания и размыкания цепи питания пробника

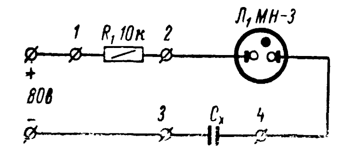


Рис. 11.

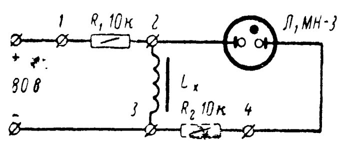


Рис. 12.

в исправной обмотке возникает э. д. с. самоиндукции и неоновая лампа ярко вспыхивает. При коротком замыкании части витков обмотки или обрыве провода в ней неоновая лампа не зажигается.

Резистор $R_1$ служит для ограничения тока при испытании обмотки с малым сопротивлением. При проверке обмоток низкочастотных дросселей и трансформаторов к зажимам *3* и *4* необходимо присоединить резистор сопротивлением 10 *ком*, который будет предотвращать лампу от пробоя.

С помощью такого пробника можно также судить о правильности соединения обмоток в трансформаторах и в электромагнитных реле. При последовательном соединении обмоток неоновая лампа вспыхивает, при встречном — не зажигается.

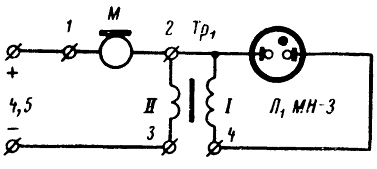



Рис. 13.

**Проверка угольного микрофона** (рис. 13). К зажимам *1* и *2* присоединяют проверяемый угольный микрофон, к зажимам *2* и *3* — вторичную (с меньшим числом витков) обмотку выходного трансформатора от любого лампового радиовещательного приемника, к зажимам *2* и *4* — первичную обмотку того же трансформатора. Для питания пробника можно использовать батарею типа КБС-Л-05.

При разговоре перед микрофоном его сопротивление и ток в его цепи изменяются. Напряжение тока звуковой частоты повышается, и неоновая лампа, включенная в цепь первичной (в данном случае повышающей) обмотки, мигает в такт с колебаниями тока. Яркость свечения неоновой лампы зависит от громкости разговора перед микрофоном и напряжения питания. В случае неисправности микрофона неоновая лампа не зажигается.

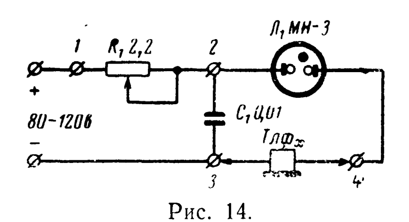



Рис. 14.

**Проверка электромагнитных головных телефонов и электродинамических громкоговорителей** (рис. 14). К зажимам *1* и *2* пробника присоединяют переменный резистор сопротивлением 1—2 *Мом*, к зажимам *2* и *3* — конденсатор емкостью 0,01 *мкф*, к зажимам *3* и *4* — проверяемые телефоны или громкоговоритель и включают напряжение питания. При исправных телефонах или громкоговорителе в них прослушиваются звуковые колебания, частота которых при изменении сопротивления резистора $R_1$ может изменяться от нескольких герц до 5 *кгц*. Если колебания не прослушиваются, значит в катушках телефонов или громкоговорителя имеется обрыв.

Если на какой-либо частоте у телефона появляется дребезжание, то это свидетельствует о слишком близком расположении мембраны к полюсным наконечникам. Чтобы устранить этот дефект телефона, необходимо под мембрану подложить тонкое бумажное кольцо.

Для громкоговорителя резкое увеличение громкости на отдельных звуковых частотах свидетельствует о наличии ярко выраженных собственных колебаний диффузора на этих частотах. Дребезжащий звук громкоговорителя объясняется разрывами в диффузоре или плохим центрированием звуковой катушки.

**Проверка электронных ламп.** С помощью этого пробника можно определить, цела ли нить накала лампы, нет ли коротких замыканий между ее электродами.

Чтобы узнать, цела ли нить накала, ее выводы соединяют с зажимами *3* и *4* пробника, к зажимам *1* и *2* присоединяют резистор сопротивлением 0,1 *Мом.* Источником питания служит электроосветительная сеть. Если нить накала цела, то неоновая лампа зажигается, при обрыве нити — не горит.

Для проверки коротких замыканий между электродами лампы вначале подают на нить накала напряжение от отдельного источника тока, к зажимам *1* и *2* присоединяют резистор сопротивлением 0,1 *Мом*, к зажимам *3* и *4* — один из выводов нити накала и вывод катода лампы (рис. 15). В случае короткого замыкания между этими электродами под действием переменного напряжения сети свечение охватывает оба электрода неоновой лампы. При хорошей изоляции между ними свечения неоновой лампы не наблюдается.

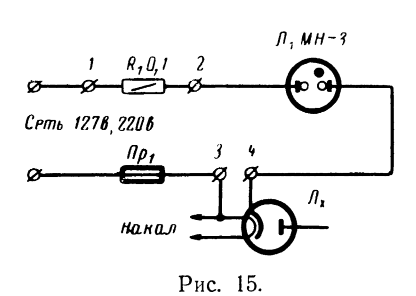


Рис. 15.

Если к зажимам *3* и *4* присоединить выводы катода и анода, сохранив другие соединения в пробнике прежними, то при исправной анодной цепи лампы в ней происходит выпрямление переменного тока и свечение наблюдается лишь вблизи одного из электродов неоновой лампы. При обрыве катода или потери им эмиссии неоновая лампа не светится.

**Пробник транзисторов в режиме генерации.** Пробник, принципиальная схема которого показана на рис. 16, позволяет сравнить коэффициенты усиления транзисторов по току, а также подобрать пару транзисторов с примерно одинаковыми коэффициентами усиления для работы в оконечном двухтактном каскаде. Он представляет собой низкочастотный генератор, индикатором которого служит неоновая лампа, включенная в цепь повышающей обмотки трансформатора. Об усилительных свойствах транзистора судят по генерируемому напряжению низкой частоты, а о величине этого напряжения — по интенсивности свечения неоновой лампы. Для сравнительной оценки коэффициента усиления используют шкалу переменного резистора $R_1$, предназначенного для регулирования тока базы транзистора. Шкала его разбита на 100 равных делений.

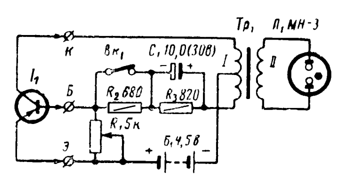


Рис. 16.

Проверяемый транзистор подключают выводами к зажимам *Э*, *Б* и *К*. Для возбуждения генерации ползунок резистора $R_1$ устанавливают в крайнее нижнее (по схеме) положение. Затем перемещением ползунка резистора $R_1$ вверх (по схеме) уменьшают ток базы транзистора до момента срыва генерации. О срыве генерации судят по погасанию неоновой лампы. Чем выше (по схеме) положе-

ние ползунка резистора, тем больше коэффициент усиления транзистора.

Для двух одинаковых по параметрам транзисторов срыв генерации должен быть примерно при одном и том же положении ползунка резистора $R_1$. При испытании мощного транзистора в цепь базы включают резистор $R_2$ путем размыкания тумблера $Вк_1$.

Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из железа Ш-9 с толщиной набора 12 *мм*. Первичная обмотка трансформатора имеет 100 витков ПЭЛ-0,41 с отводом от середины, вторичная — 1 500 витков ПЭЛ-0,12.

## ГЕНЕРАТОРЫ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Генераторы релаксационных колебаний вырабатывают пилообразное напряжение, необходимое, например, для развертки электронного луча в электроннолучевой трубке.

Принцип работы описываемых здесь генераторов релаксационных колебаний основан на зарядке конденсатора и его разрядке через неоновую лампу. Если на входные зажимы генератора такого вида (рис. 17) подать напряжение постоянного тока, то конденсатор $C_1$ будет заряжаться через резистор $R_1$. Время заряда зависит от емкости конденсатора и величины зарядного тока.

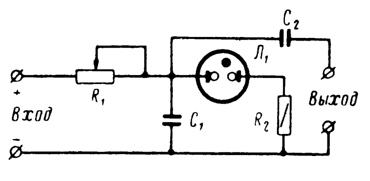



Рис. 17.

Во время заряда конденсатора напряжение на его обкладках увеличивается постепенно и, достигнув определенной величины, вызывает зажигание неоновой лампы. При горении лампы ее внутреннее сопротивление становится сравнительно небольшим, поэтому конденсатор быстро разряжается через нее до напряжения гашения.

При большой емкости конденсатора тлеющий разряд может перерасти в дуговой, который разрушает лампу. Чтобы этого не случилось, последовательно с неоновой лампой включен резистор $R_2$ (можно катушки телефонов, обмотку электромагнитного реле), ограничивающий величину разрядного тока конденсатора. В этом случае с увеличением тока через лампу напряжение на ее электродах уменьшается, а напряжение на резисторе $R_2$ увеличивается. Это и предохраняет лампу от разрушения.

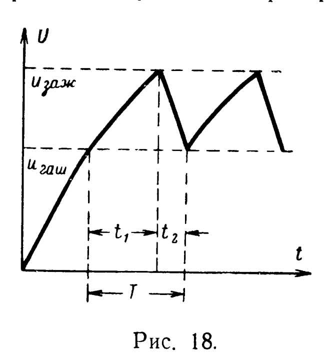



Рис. 18.

График, иллюстрирующий изменения напряжения на обкладках конденсатора во время его заряда и разряда, показан на рис. 18. Здесь $t_1$ — время заряда конденсатора, $t_2$ — время разряда конденсатора, $T$ — суммарное время заряда и разряда конденсатора, именуемое периодом.

Период определяют по такой формуле:

$$T=kRC,$$

где $T$ — период в секундах; $R$ — сопротивление резистора в мегомах; $C$ — емкость конденсатора в микрофарадах; $k$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от параметров неоновой лампы.

Приведенную формулу можно применить для предварительной оценки частоты генератора, но в этом случае для данной лампы нужно найти $k$. Из двух-трех наблюдений за миганием лампы определяют период с помощью секундомера. Затем подставляют в формулу значения $C$ и $R$ и вычисляют $k$.

Так, например, при напряжении питания 80 *в*, сопротивлении резистора $R_1=5{,}1$ *Мом*, емкости конденсатора $C_1=1{,}0$ *мкф* период, измеренный секундомером, $T=2{,}3$ *сек*. Тогда

$$k=\frac{T}{R_1C_1}=\frac{2{,}3}{5{,}1\cdot 1{,}0}=0{,}45.$$

Полученное числовое значение $k$ и применяют для предварительной оценки частоты колебаний генератора. Так как частота колебаний генератора находится в обратно пропорциональной зависимости от емкости конденсатора и сопротивления резистора, т. е. $f=1/kRC$, то, изменяя эти величины, можно получить релаксационные колебания широкого диапазона частот.

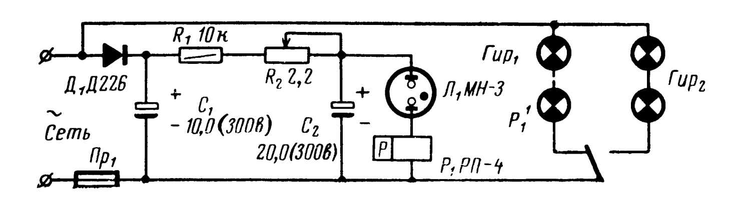



Рис. 19.

**Переключатель елочных гирлянд.** Этот прибор (рис. 19) состоит из однополупериодного выпрямителя переменного тока электроосветительной сети, генератора релаксационных колебаний и электромагнитного поляризованного реле. Выпрямитель образуют плоскостной диод $Д_1$ и конденсатор $C_1$, сглаживающий пульсации выпрямленного тока, а генератор — переменный резистор $R_2$, электролитический конденсатор $C_2$ и неоновая лампа $Л_1$. Контакты $P_1^1$ поляризованного реле типа РП-4, включенного в цепь неоновой лампы, поочередно, в такт с колебаниями генератора, подключают гирлянды ламп к сети.

Прибор можно включать в электроосветительную сеть с напряжением 220 и 127 *в*. При напряжении 220 *в* частота переключений гирлянд будет большей, чем при напряжении 127 *в*.

Поляризованное реле регулируют так, чтобы после прекращения тока через обмотку его якорь возвращался в прежнее положение, замыкая при этом цепь питания *Гир*₁. Поляризованное реле с такой регулировкой называют двухпозиционным с «преобладанием». По характеру работы оно напоминает нейтральное электромагнитное реле.

Время заряда конденсатора зависит от сопротивления резистора $R_2$, изменяемого ползунком. Когда напряжение на конденсаторе $C_2$ достигает напряжения зажигания неоновой лампы, то конденсатор разряжается через нее и обмотку реле. При этом реле срабатывает и своими контактами замыкает цепь питания гирлянды $Гир_2$. Как только неоновая лампа погаснет, якорь и переключающий контакт реле возвращаются в исходное положение и включается гирлянда $Гир_1$.

Для предотвращения пробоя неоновой лампы, что может произойти, если ползунок переменного резистора будет находиться в крайнем левом (по схеме) положении, в цепь питания генератора включен резистор $R_1$.

Такой переключатель обеспечивает неодинаковую длительность горения ламп обеих гирлянд, так как время заряда конденсатора $C_2$ от напряжения гашения до напряжения зажигания неоновой лампы и время разряда его неодинаковы ($t_1 > t_2$). От этого недостатка свободен переключатель, собранный по схеме, изображенной на

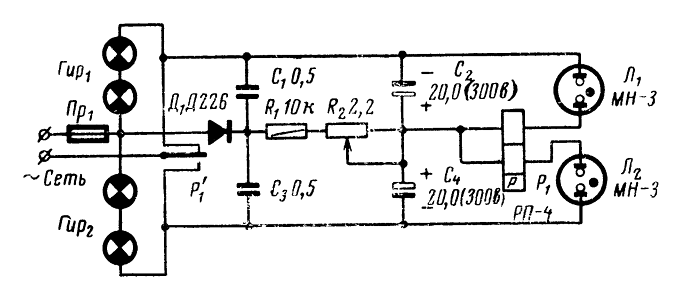



Рис. 20.

рис. 20. Это как бы сдвоенный переключатель, работающий на одно двухобмоточное, двухпозиционное поляризованное реле типа РП-4. Конденсаторы $C_2$, $C_4$ и резисторы $R_1$ и $R_2$ определяют частоту переключения гирлянд. Эту частоту можно изменять с помощью переменного резистора $R_2$. Конденсаторы $C_1$ и $C_3$ сглаживают пульсации выпрямленного тока.

При включении переключателя в сеть загорается гирлянда $Гир_1$ и подается питание на верхний (по схеме) релаксационный генератор на лампе $Л_1$. Конденсатор $C_2$ заряжается до напряжения зажигания лампы этого генератора и разряжается через нее и верхнюю (по схеме) обмотку реле. При этом реле срабатывает, размыкая своими контактами цепь питания гирлянды $Гир_1$ и замыкая цепь питания гирлянды $Гир_2$. Теперь выпрямленное диодом $Д_1$ напряжение подается на второй релаксационный генератор на лампе $Л_2$. Конденсатор $C_4$ заряжается до напряжения зажигания лампы $Л_2$ и разряжается через нее и вторую обмотку реле. Переключающий контакт при этом перекидывается и вновь включает первую гирлянду.

**Электронный метроном.** Метроном — прибор, позволяющий отсчитывать равные промежутки времени. Он может быть применен, например, для определения периода колебаний маятника, для выработки чувства ритма у начинающих музыкантов и других целей.

Схема метронома на неоновой лампе показана на рис. 21. Она напоминает схему первого переключателя елочных гирлянд. Разли-

чие между ними заключается в том, что в метрономе во вторичную цепь реле включен радиотрансляционный (абонентский) громкоговоритель с согласующим трансформатором.

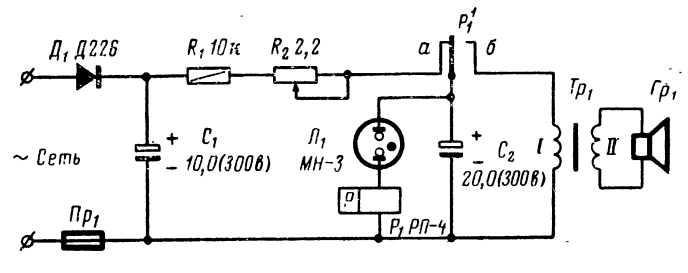



Рис. 21.

Выпрямленный диодом $Д_1$ ток проходит через резистор $R_2$ и заряжает конденсатор $C_2$. Пока напряжение на конденсаторе меньше напряжения зажигания неоновой лампы, ток через обмотку реле не проходит. Как только напряжение на конденсаторе станет равным напряжению зажигания неоновой лампы, она вспыхивает и через нее и обмотку реле проходит импульс тока разряда конденсатора. Реле срабатывает и своими контактами замыкает заряженный конденсатор $C_2$ на громкоговоритель, который и издает звук в виде щелчка. После потухания неоновой лампы якорь реле возвращается в исходное положение, и процесс повторяется. Частоту звуковых сигналов метронома регулируют переменным резистором $R_2$.

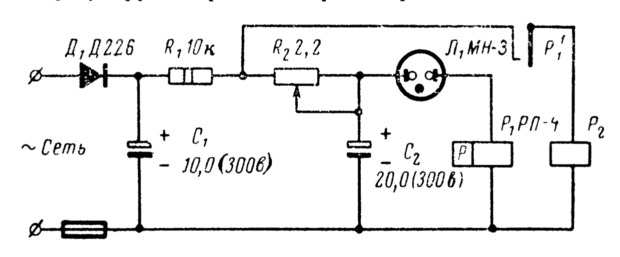



Рис. 22.

Метроном можно превратить в электрический секундомер, подключив к нему электромеханический счетчик (рис. 22), например счетчик телефонных разговоров емкостью в четыре десятичных разряда без устройства сброса на нуль. Переменным резистором $R_2$ устанавливают такое сопротивление цепи питания неоновой лампы, чтобы период колебаний релаксационного генератора был равен 1 *сек*. В этом случае электромеханический счетчик будет срабатывать с частотой в 1 *гц*. Разность показаний электрического секундомера после остановки и до запуска будет временем его работы в секундах.

**Звуковой генератор.** Генератор релаксационных колебаний может быть использован в качестве звукового генератора. Поскольку частота колебаний релаксационного генератора обратно пропорциональ-

на емкости конденсатора и сопротивлению резистора, можно подобрать такие данные этих элементов, что он будет генерировать колебания звукового диапазона. Принципиальная схема такого генератора показана на рис. 23. Она отличается от схемы генератора релаксационных колебаний (рис. 17) только тем, что на выход включены телефоны ТОН-1.

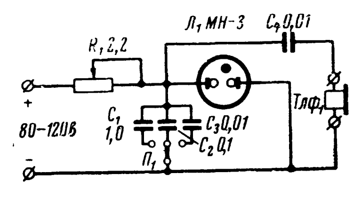



Рис. 23.

Генератор имеет три частотных диапазона. Переключение диапазонов осуществляют переключателем $П_1$, а плавное изменение частот в каждом из диапазонов — переменным резистором $R_1$.

Звуковой генератор может быть применен для покаскадной проверки приемника или усилителя низкой частоты. Для этого отключают телефоны и сигнал генератора с его выхода подают последовательно на управляющие сетки ламп каскадов и прослушивают сигнал на громкоговоритель приемника или усилителя.

Если цепь питания лампы звукового генератора замыкать и размыкать телеграфным ключом, то с помощью телефонов можно контролировать работу на ключе при изучении телеграфной азбуки.

Используя электронный метроном и звуковой генератор, вырабатывающие колебания разных, но постоянных для каждого из них частот, можно изготовить импульсный звуковой генератор, имитирующий сигналы первого советского искусственного спутника Земли. Схема такого генератора изображена на рис. 24. Здесь на лампе $Л_1$ работает генератор, подобный электронному метроному, на лампе $Л_2$—генератор, подобный звуковому генератору. Питание на звуковой генератор подается через контакты реле метронома. Частоту следования импульсов устанавливают переменным резистором $R_1$.

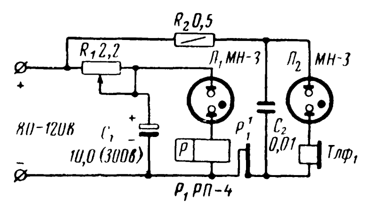



Рис. 24.

**Генератор П-образных импульсов.** Этот прибор представляет собой сдвоенный генератор пилообразных импульсов. Схема генератора показана на рис. 25.

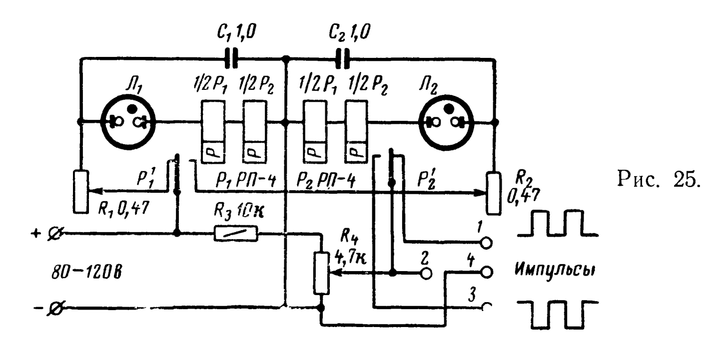



Рис. 25.

Потребность в двух реле вызвана необходимостью в зажимах *3* и *4* для замыкания внешних цепей, ибо одно поляризованное реле имеет две пары контактов, которые используются для работы.

Генератор создает симметричные импульсы, длительность которых равна паузам между ними. Для регулировки длительности импульсов применены спаренные переменные резисторы $R_1$ и $R_2$. При включении питания постоянное напряжение подается через резистор $R_1$ на конденсатор $C_1$, который заряжается, а затем разряжается через неоновую лампу $Л_1$ и обмотки реле $P_1$ и $P_2$. При этом оба реле перекидывают подвижные контакты. Теперь заряжается конденсатор $C_2$, а зарядившись до напряжения зажигания лампы $Л_2$, он разряжается через нее и другие обмотки реле $P_1$ и $P_2$. Реле срабатывают и снова начинает заряжаться конденсатор $C_1$.

Частота срабатывания реле зависит от величины напряжения, питающего прибор, напряжения зажигания неоновых ламп, емкости конденсаторов $C_1$ и $C_2$ и сопротивлений резисторов $R_1$ и $R_2$. Для симметрии работы генераторов емкости конденсаторов $C_1$ и $C_2$ и напряжения зажигания ламп $Л_1$ и $Л_2$ должны быть одинаковыми.

Катушки реле имеют по две обмотки, они соединяются последовательно, т. е. конец одной обмотки реле $P_1$ с началом другой реле $P_2$.

Амплитуды выходных импульсов генератора регулируют переменным резистором $R_4$, образующим с резистором $R_3$ делитель выходного напряжения.

Если подвести к зажимам *2* и *4* напряжение от постороннего генератора звуковой частоты, а провод, идущий к ползунку резистора, отключить, то прямоугольные импульсы будут заполнены звуковой частотой.

Генератор П-образных импульсов может быть применен в качестве коммутатора к электронному осциллографу для исследования фазовых сдвигов между током и напряжением при различных нагрузках в цепи переменного тока.

Генераторы П-образных, или прямоугольных, импульсов широко применяют также для управления различными автоматическими устройствами.

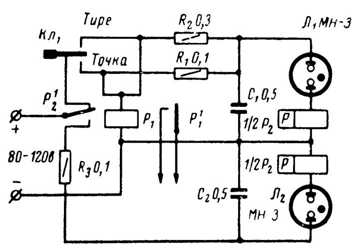



Рис. 26.

**Полуавтоматический телеграфный ключ.** С помощью этого прибора можно подавать 250—300 знаков телеграфной азбуки в 1 *мин*. Основу ключа составляют два генератора релаксационных колебаний, каждый из них нагружен половиной обмотки поляризованного реле типа РП-4. Схема прибора показана на рис. 26. Генератор на лампе $Л_1$ управляет длительностью сигналов (точки и тире), а генератор на лампе $Л_2$ — длительностью пауз между сигналами.

При включении питания якорь реле $P_2$ должен занять верхнее (по схеме) положение. Если до подачи напряжения якорь реле $P_2$ занимает «нижнее» положение, то при подаче напряжения питания конденсатор $C_2$ заряжается через резистор $R_3$. Как только напряжение на конденсаторе $C_2$ достигнет потенциала зажигания лампы $Л_2$,

конденсатор $C_2$ разрядится и реле $P_2$ сработает. При этом якорь реле перебросит контакты в верхнее (по схеме) положение и замкнет цепь: источник питания — рычаг телеграфного ключа $Кл_1$. Если теперь замкнуть рычаг телеграфного ключа с контактом «точки», то сработает исполнительное реле $P_1$ и своими контактами замкнет манипулирующие цепи передатчика. Одновременно напряжение питания будет подано на зарядную цепь $R_1C_1$-генератора на лампе $Л_1$ и начнется передача сигнала «точки». Длительность сигнала зависит от времени нахождения якоря реле $P_2$ в верхнем положении, так как исполнительное реле $P_1$ включается через его контакты. Продолжительность же нахождения якоря в верхнем положении зависит от постоянной времени $R_1C_1$-генератора на лампе $Л_1$. После зажигания неоновой лампы $Л_1$ якорь реле $P_2$ перебрасывается в нижнее положение. При этом цепь питания и контакты исполнительного реле $P_1$ размыкаются. Передача «точки» заканчивается, и начинается пауза. Длительность паузы зависит от постоянной времени $R_3C_2$. Так как длительность паузы должна быть равна длительности «точки», то постоянные времени должны быть равны, т. е. $C_1=C_2$, $R_1=R_3$.

Точно так же ключ работает при передаче «тире», но ввиду того, что длительность «тире» в 3 раза больше длительности «точки», сопротивление резистора $R_2$, определяющего время заряда конденсатора $C_1$, в 3 раза больше сопротивления резистора $R_1$.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

В простых измерительных приборах, о которых говорится в этой части брошюры, индикаторами служат неоновые лампы типа МН-3 с напряжением зажигания 50—60 *в*. Неоновая лампа подключается к источнику напряжения или к участку цепи, на котором надо измерить напряжение или ток, через потенциометр (делитель напряжения), уменьшающий измеряемое напряжение до напряжения зажигания неоновой лампы. Роль потенциометров выполняют переменные резисторы группы А. Сопротивление у них между средним выводом и одним из крайних изменяется прямо пропорционально изменению угла поворота оси.

Шкалой каждого из приборов служит картонный диск с делениями по окружности и отверстием в центре, сквозь которое проходит ось резистора. На оси резистора укреплена ручка со стрелкой.

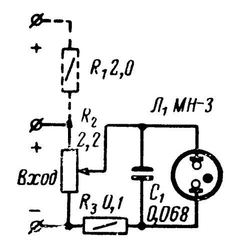



Рис. 27.

**Вольтметр постоянного тока.** Вольтметр (рис. 27) позволяет измерять постоянные напряжения в пределах от 50 до 500 *в*. С помощью щупов, соединенных с зажимами *Вход*, он подключается к источнику измеряемого напряжения. Перемещая ползунок потенциометра $R_2$ снизу вверх (по схеме), добиваются зажигания неоновой лампы. Величина измеряемого напряжения определяется по шкале потенциометра.

Резистор $R_3$ ограничивает ток через неоновую лампу, предотвращая пробой между электродами при подаче на них высокого напряжения. Конденсатор $C_1$ способствует более яркому свечению неоновой лампы в момент зажигания.

Чтобы уменьшить погрешность в измерениях, неоновую лампу перед установкой в прибор «тренируют» постоянным напряжением,

несколько превышающим ее напряжение зажигания. В результате «тренировки», которая продолжается 50—70 *ч*, рабочее напряжение лампы и напряжение зажигания изменяются на 10—15% и становятся более стабильными. Во время «тренировки» и после нее надо соблюдать правильную полярность включения неоновой лампы. В качестве катода лампы берут обычно ее наружный электрод, имеющий наибольшую площадь поверхности.

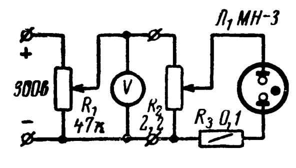


Рис. 28.

Для градуировки шкалы прибора на его вход, параллельно которому подключен заводской (эталонный) вольтметр (рис. 28), через дополнительный потенциометр $R_1$ подают постоянное напряжение от выпрямителя или батареи. Перемещая ползунок потенциометра $R_1$ снизу вверх, постепенно повышают напряжение на входных зажимах вольтметра, добиваясь зажигания неоновой лампы. Затем на шкале потенциометра отмечают положения стрелки его ручки, соответствующие показаниям эталонного вольтметра. Так, например, установив потенциометром по эталонному вольтметру напряжение 50 *в* и добившись потенциометром $R_2$ зажигания неоновой лампы, на шкале против указателя ставят цифру *50*. Точно так же на шкале вольтметра делают отметки других измеряемых напряжений.

Верхний предел измерения вольтметра можно расширить до 500 *в*, если последовательно с потенциометром включить резистор сопротивлением 2 *Мом* (на рис. 27 показан пунктиром). Шкала вольтметра не изменяется, цена каждого деления увеличится в 2 раза.

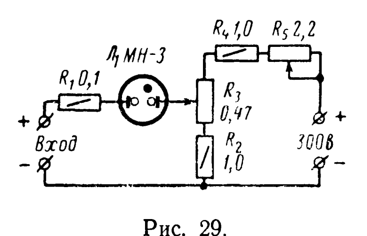


Рис. 29.

Прибор для измерения низких напряжений постоянного тока может быть собран по схеме, показанной на рис. 29. Питание прибора осуществляется от выпрямителя или батареи, дающих постоянное напряжение 250—300 *в*. Ползунок переменного резистора $R_5$, включенного реостатом, устанавливают на нуль его шкалы (на рис. 29 в крайнее правое положение), а зажимы *Вход* закорачивают. Потенциометром $R_3$ добиваются зажигания неоновой лампы. После этого входные зажимы размыкают и подают на них малое измеряемое напряжение. При этом неоновая лампа гаснет. Лампа снова зажигается, если резистором $R_5$ повысить напряжение на ней на величину измеряемого напряжения, подаваемого на *Вход* прибора.

Отсчет измеряемых напряжений производят в момент зажигания неоновой лампы по шкале резистора $R_5$, градуированной в вольтах.

**Вольтметр переменного тока.** Прибор, собранный по схеме, изображенной на рис. 27, может быть использован и для измерения переменных напряжений в тех же пределах. Градуировка и пользование вольтметром переменного напряжения остаются такими же, как и для вольтметра постоянного напряжения. Но зажигание неоновой лампы у вольтметра переменного напряжения будет при амплитудном значении напряжения, которое в $\sqrt{2}$ раз больше действующего напряжения, зарегистрированного эталонным вольтметром.

Вольтметр для измерения переменных напряжений от 2 до 220 *в* (рис. 30) представляет собой сочетание автотрансформатора *Атр* с двумя переключателями $П_1$ и $П_2$ и описанного выше вольтметра переменного напряжения. Контакты отводов автотрансформатора, обозначенные цифрами *2—20*, относятся к переключателю $П_1$, а контакты *0—200* — к переключателю $П_2$. При работе с прибором переключатель $П_1$ ставят в положение *20*, а переключатель $П_2$ — в положение *200*, на вход вольтметра подают напряжение 220 *в* и с помощью потенциометра $R_1$ добиваются зажигания неоновой лампы. После этого фиксируют ползунок потенциометра.

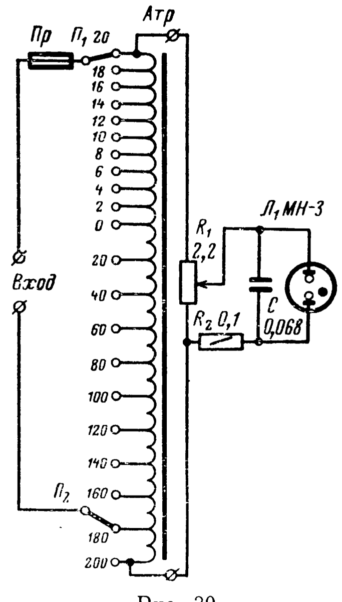



Рис. 30.

Индикацией прибора служит момент начала свечения неоновой лампы, которого добиваются переключателями $П_1$ и $П_2$. Величину измеряемого напряжения в вольтах определяют суммированием цифр, стоящих возле контактов обоих переключателей. Так, например, если ползунок переключателя $П_1$ стоит на контакте *6*, а ползунок переключателя $П_2$ — на контакте *120*, измеряемое напряжение будет 126 *в*.

Во избежание закорачивания измеряемой цепи переключатели прибора перед измерением должны находиться: $П_1$ в положении *20*, а $П_2$ в положении *200*.

Для автотрансформатора прибора можно использовать сердечник сечением 4—5 *см²* (на мощность 10—12 *вт*), а для его обмотки — провод ПЭЛ 0,2—0,23. Часть обмотки, выводы которой присоединены к контактам *2—20* переключателя $П_1$, содержит всего 200 витков с отводами через каждые 20 витков, а часть обмотки, отводы которой присоединены к контактам *0—200* переключателя $П_2$, — 2 000 витков с отводами через каждые 200 витков.

**Амперметр переменного тока.** Амперметр переменного тока, схема которого приведена на рис. 31, состоит из трансформатора $Тр_1$ с коэффициентом трансформации 1:40—1:60 (можно использовать выходной трансформатор лампового приемника, например, типа «Рекорд») и вольтметра переменного напряжения.

Рис. 31.

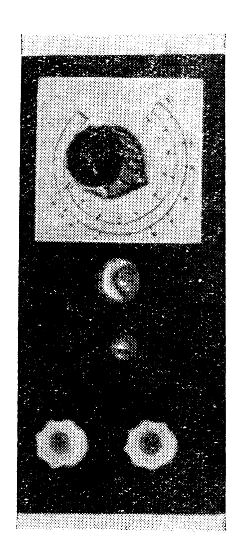
Обмоткой *I* (понижающей) трансформатор прибора включают в электрическую цепь последовательно с нагрузкой и эталонным амперметром (на рис. 31 показан пунктиром), а к обмотке *II* (повышающей) присоединяют вольт-

метр переменного напряжения. Перемещая ползунок потенциометра $R_1$, добиваются зажигания неоновой лампы и отмечают на шкале потенциометра значение тока эталонного амперметра. Изменяя величину нагрузки в цепи, наносят на шкалу отметки токов других значений.

Пределы измерений таким амперметром зависят от числа витков и сечения провода обмотки *I* трансформатора: с увеличением сечения провода и уменьшением числа витков этой обмотки пределы измерений расширяются.

При использовании выходного трансформатора от лампового радиоприемника типа «Рекорд» прибором можно измерять токи до 4 *а*.

**Ваттметр переменного тока.** Если напряжение в сети стабильно, то амперметр переменного тока (рис. 31) можно использовать для измерения мощности тока. Для градуировки такого прибора (при отсутствии эталонного ваттметра) к цепи подключают активную нагрузку — лампу накаливания, электроплитку или утюг с известным значением мощности в ваттах. Затем последовательно с на-



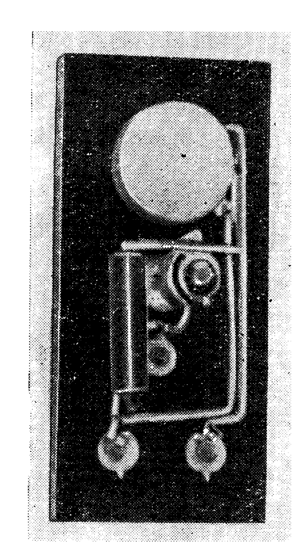


Рис. 32.

грузкой включают самодельный амперметр и, медленно поворачивая ручку потенциометра $R_1$, увеличивают напряжение на неоновой лампе до тех пор, пока она не загорится. В момент зажигания неоновой лампы в соответствующем месте шкалы потенциометра отмечают значение мощности, потребляемой нагрузкой. Подключая различные нагрузки известной мощности, получают шкалу, проградуированную в ваттах. Внешний вид и вид со стороны монтажа этого прибора показаны на рис. 32. Трансформатор $Tp_1$ не закреплен на панели.

Таким образом, на одном картонном диске потенциометра амперметра можно иметь еще шкалу ваттметра переменного тока.

**Омметр для измерения сопротивлений больших величин.** Вернемся к схеме релаксационного генератора, показанной на рис. 17. Период колебания генератора равен:

$$T = kR_1C_1.$$

Если в генератор вместо $R_1$ включать по очереди другие резисторы разных сопротивлений, то при неизменной емкости конденсатора $C_1$ период колебаний в каждом случае будет пропорционален сопротивлению включаемого резистора. При известных (эталонных) $R_{эт}$ и $C_{эт}$ период $T$ можно определить с помощью секундомера. Для этого секундомером измеряют время нескольких вспышек неоновой лампы, а результаты делят на $(n-1)$, где $n$ — число вспышек. Затем вместо резистора с известным сопротивлением ($R_{эт}$) ставят резистор с неизвестным сопротивлением ($R_x$), емкость оставляют неизменной и снова с помощью секундомера определяют период $T_x$. Сравнивают эти периоды; отношение периодов колебаний равно отношению сопротивлений резисторов, т. е.

$$\frac{R_{эт}}{R_x} = \frac{T}{T_x}.$$

Далее по формуле $R_x = R_{эт}\frac{T_x}{T}$ определяют сопротивление $R_x$.

Аналогично путем смены измеряемых конденсаторов при неизменном сопротивлении резистора и замера периодов колебаний релаксационного генератора с помощью секундомера определяют их емкости по формуле

$$C_x = C_{эт}\frac{T_x}{T}.$$

Так как для установления режима неоновой лампы требуется время, то измерения следует проводить после 3—5 вспышек.

Рабочее напряжение измеряемых конденсаторов не должно быть ниже напряжения питания прибора.

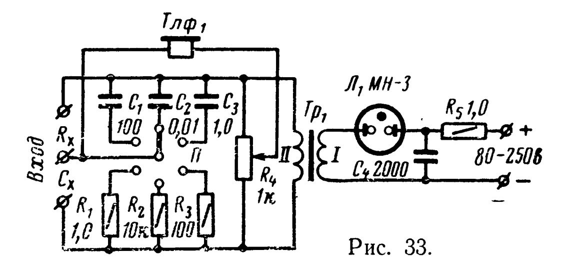



Рис. 33.

**Измеритель** $RC$. Этот прибор (схема на рис. 33) предназначен для измерения сопротивлений резисторов от 10 *ом* до 10 *Мом* и емкостей конденсаторов от 10 *пф* до 10 *мкф*. Он состоит из генератора звуковой частоты и измерительного моста. Индикатором прибора служат головные телефоны. Погрешность измерений 10—15%.

Генератор, образуемый неоновой лампой $Л_1$, обмоткой $I$ трансформатора $Тр_1$, конденсатором $C_4$ и резистором $R_5$, питается от внешнего источника постоянного тока (выпрямителя) с напряжением

80—250 *в*. Генерируемые им электрические колебания частотой около 1 000 *гц* индуцируют такие же колебания в обмотке *II* трансформатора и питают измерительный мост, в одно из плеч которого включают измеряемый резистор (зажимы $R_x$) или конденсатор (зажимы $C_x$). Балансировку моста осуществляют потенциометром $R_4$, ориентируясь по наиболее слабому или полностью исчезающему звуку в телефонах.

Как видно из рис. 34, потенциометр $R_4$ снабжается шкалой, градуированной по резисторам и конденсаторам с возможно меньшими отклонениями от номиналов или же с помощью двух эталонных омметров, используя для этой цели, например, авометры. Градуировку с помощью двух омметров осуществляют так: один омметр присоединяют к одному из крайних и к среднему выводам потенциометра, второй омметр — ко второму крайнему и среднему выводам потенциометра $R_4$ самодельного омметра. Ползунок потенциометра устанавливают так, чтобы показания обоих омметров были равны и против указателя ручки потенциометра на шкале ставят первое деление — 1. Далее ползунок потенциометра устанавливают так, чтобы первый омметр показывал 600 *ом*, второй—400 *ом* и на шкале против указателя ручки ставят деление 3/2. Если первый омметр покажет 400 *ом*, а второй — 600 *ом*, то против указателя ручки на шкале ставят деление 2/3. Искомые величины определяют по формулам: $R_x=nR$; $C_x=nC$, где $R=R_1$, $R_2$, $R_3$; $C=C_1$, $C_2$, $C_3$; $n$ — число

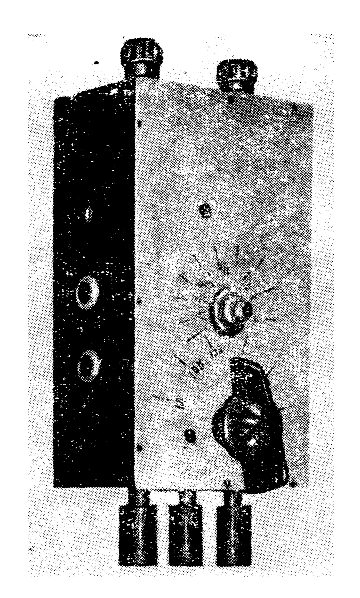


Рис. 34.

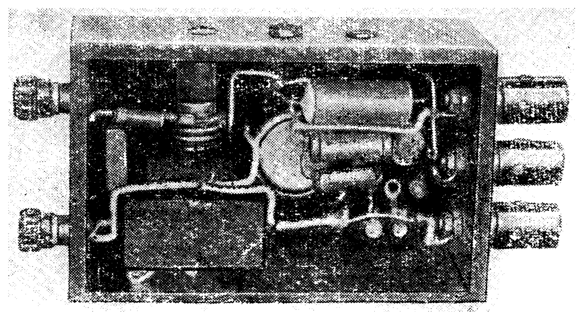


Рис. 35.

на шкале. Так, например, при измерении сопротивления резистора $R_x$ мост оказался сбалансированным при положении переключателя *П* — 10 *ком* и указателя ручки потенциометра $R_1$ на делении 3/2, то

$$R_x = 10\ ком \cdot 3/2 = 15\ ком.$$

Трансформатор измерителя малогабаритный, с отношением чисел витков в обмотках от 1 : 1 до 1 : 10. Для самодельного трансформатора можно использовать сердечник с площадью сечения 3—3,5 *см²*. Его первичная обмотка может иметь 1 000 витков, а вторичная — от 1 000 (соотношение 1 : 1) до 10 000 (соотношение 1 : 10) витков провода ПЭЛ 0,12—0,13.

Номиналы резисторов $R_1$ — $R_3$ и конденсаторов $C_1$ — $C_3$ измерительного моста надо подобрать возможно точнее, так как от них зависит погрешность измерений. На рис. 35 показан вид измерителя *RC* со стороны монтажа.

## ИСПЫТАТЕЛЬ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДОВ

Испытать изоляцию провода, например обмотки электродвигателя по отношению к корпусу, можно не только с помощью специального измерительного прибора — мегомметра. Для этой цели пригоден и самодельный прибор на неоновых лампах, сделанный по схеме, изображенной на рис. 36.

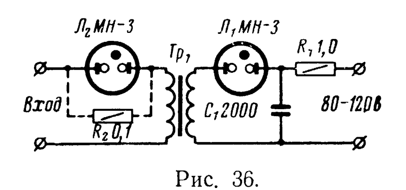



Рис. 36.

Прибор представляет собой преобразователь постоянного напряжения в переменное напряжение частотой 1 000 *гц* и является аналогом генератора предыдущего прибора. Индикатором сопротивления изоляции испытуемого устройства или прибора, которые подключают к зажимам *Вход* прибора, служит неоновая лампа $Л_2$. Яркость горения этой лампы зависит от величины сопротивления изоляции. Чем больше сопротивление, например, между токонесущим проводом и его изоляционным покрытием, тем слабее свечение неоновой лампы $Л_2$.

Так как прибор обладает высокой чувствительностью и начинает давать показания уже при сопротивлении изоляции около 10 *Мом*, то для предотвращения ложных показаний (особенно в помещениях с повышенной влажностью) необходимо неоновую лампу $Л_2$ зашунтировать резистором с сопротивлением не менее 0,1 *Мом* (на рис. 36 показан пунктиром). Тогда лампа $Л_2$ будет вспыхивать только тогда, когда сопротивление изоляции испытуемой цепи будет меньше определенного предельного значения.

Данные трансформатора $Тр_1$ те же, что и для измерителя *RC*.

**Стробоскопический тахометр.** Число оборотов электродвигателя в 1 *сек* или вращающегося тела можно определить с помощью стробоскопического тахометра, роль которого выполняет неоновая лампа. Лампу питают напряжением электросети (через резистор) или звукового генератора. Если лампу питать от сети переменного тока, она будет вспыхивать 100 раз в 1 *сек*. При освещении лампой вращающегося предмета он зрительно как бы останавливается, если число вспышек лампы будет равно или в целое число раз меньше числа оборотов предмета.

Индикатором служит картонный диск диаметром около 18 *см*, вычерченный черной тушью, как показано на рис. 37. Диск, насаженный, например, на вал электродвигателя, освещают неоновой лампой. Число оборотов вала электродвигателя постепенно увеличивают (реостатом), пока внешнее кольцо диска не станет казаться неподвижным.

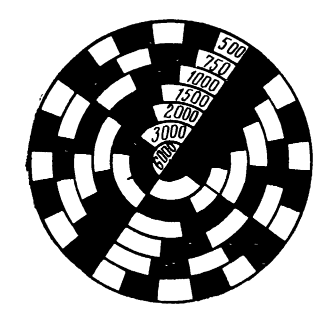



Рис. 37.

Причина кажущейся неподвижности внешнего кольца диска заключается в следующем. На внешнем кольце 12 черных и 12 белых секций. Частота переменного тока осветительной сети 50 *гц*, неоновая лампа вспыхивает 100 раз в 1 *сек*. Если за время в 0,01 *сек* между двумя вспышками лампы на место белых секций будут становиться ближайшие к ним такие же секции, то кольцо будет казаться неподвижным. В этом случае кольцо делает полный оборот за 0,01 *сек* $\times$ 12 = 0,12 *сек* и совершает $\frac{100 \cdot 60}{12} = 500$ *об/мин*, что и указано на внешней секции кольца. При дальнейшем увеличении скорости вращения вала двигателя будут казаться остановившимися другие кольца диска; например, неподвижно кольцо в самом центре диска. Это кольцо имеет одну черную и одну белую секции. Значит, кольцо совершает один оборот за 0,01 *сек*. Тогда вал двигателя будет совершать 100 · 60 = 6 000 *об/мин*.

Однако валы электродвигателей вращаются с постоянными скоростями и приходится изменять не обороты валов, а подгонять под них частоту вспышек неоновой лампы. Для этой цели, например, на шкиве вала электродвигателя делают метку мелом или краской. А неоновую лампу питают током от градуированного звукового генератора (рис. 38). Число вспышек лампы равно удвоенной частоте звукового генератора. Плавно, начиная от нижнего предела, изменяют частоту генератора, а значит и частоту вспышек, добиваются кажущейся неподвижности метки на шкиве. Тогда число оборотов вала электродвигателя будет равно удвоенной частоте звукового генератора.

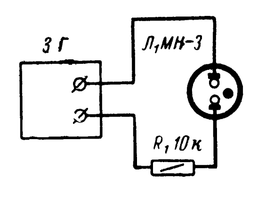



Рис. 38.

Из-за слабого свечения неоновой лампы измерять скорости вращения валов машин удобнее при затемнении диска тахометра.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ

Каждое из реле, описываемых здесь, может иметь целевое назначение, например, фотореле — для фотопечати, реле времени — для автомата экономии электроэнергии. Такие приборы нужны и для дома и для школы.

**Простейшее фотореле с вакуумным фотоэлементом** типа СЦВ-4 можно собрать по схеме, показанной на рис. 39. При освещении фото-

элемента искусственным или естественным светом в его цепи возникает фототок, который заряжает конденсатор $C_1$ до напряжения зажигания неоновой лампы $Л_2$. При разряде конденсатора через

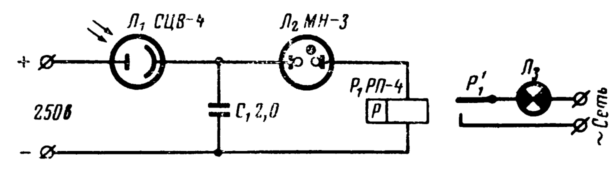



Рис. 39.

неоновую лампу срабатывает реле $P_1$ и своими контактами $P^1$ замыкает вторичную цепь, состоящую из источника тока и лампочки накаливания $Л_1$ (электрозвонка или другого сигнализатора). Когда конденсатор разрядится до напряжения погасания неоновой лампы, обмотка реле обесточивается и контакты размыкают цепь фотореле.

Частота срабатывания реле зависит от емкости конденсатора $C_1$, чувствительности и освещенности фотоэлемента. С увеличением освещенности и уменьшением емкости конденсатора частота повышается.

Емкость конденсатора $C_1$ должна быть не меньше 1 *мкф*. С конденсатором меньшей емкости реле не срабатывает. Фотореле такого типа может служить пробником качества затемнения, например, в фотокабине.

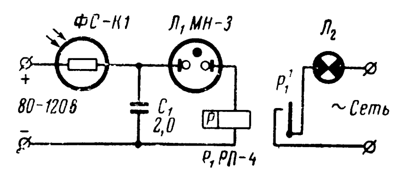



Рис. 40.

**Простейшее фотореле с фоторезистором.** Если в предыдущем фотореле вакуумный фотоэлемент заменить фоторезистором, то получится фотореле, схема которого изображена на рис. 40. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается в несколько раз, поэтому конденсатор $C_1$ будет заряжаться через фоторезистор и разряжаться через неоновую лампу $Л_2$ настолько быстро, что реле $P_1$ практически непрерывно будет срабатывать. Когда же фоторезистор затемнен, его сопротивление велико и конденсатор $C_1$ заряжается медленно. При затемненном фоторезисторе прибор работает импульсами, частота следования которых зависит от емкости конденсатора и напряжения источника питания. Это реле хорошо срабатывает под действием инфракрасных лучей и может быть применено для дистанционного включения, например, елочной звезды этими невидимыми лучами.

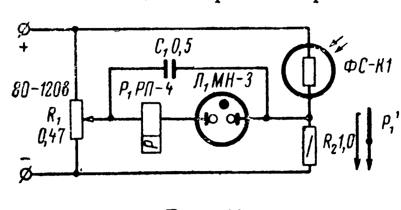



**Рис. 41.**

**Фотореле по мостовой схеме.** В этом фотореле (рис. 41) потенциометр $R_1$, фоторезистор ФС-К1 и резистор $R_2$ образуют мост, в одну диагональ которого подается напряжение питания; в другую диагональ моста включены последовательно соединенные неоновая лампа $Л_1$

и электромагнитное реле $P_1$. При затемненном фоторезисторе нужно потенциометром $R_1$ мост разбалансировать так, чтобы напряжение на неоновой лампе было несколько меньше напряжения ее гашения. В этом случае падения напряжения на фоторезисторе ФС-К1 и резисторе $R_2$ примерно одинаковы. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается в несколько раз. При этом падение напряжения на неоновой лампе увеличивается, она зажигается и реле $P_1$ срабатывает. Если теперь фоторезистор затемнить, его сопротивление снова увеличится, а падение напряжения на неоновой лампе уменьшится. Лампа потухнет, реле выключится и своими контактами отключит нагрузку фотореле.

Конденсатор $C_1$ повышает надежность срабатывания реле в моменты возникновения разрядного тока через неоновую лампу. Такое фотореле может быть применено в качестве счетчика предметов.

**Фотореле для включения ночного освещения.** Схема такого прибора изображена на рис. 42. Сопротивление цепочки, составленной из

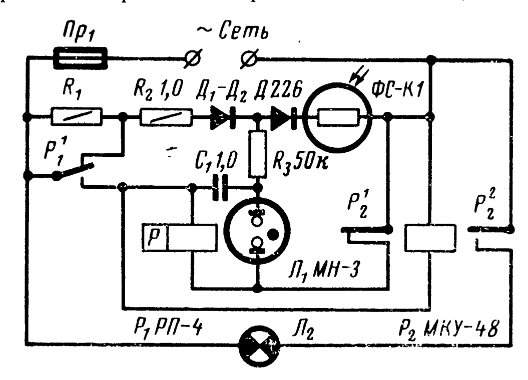



Рис. 42.

резисторов $R_1$, $R_2$ и фоторезистора ФС-К1, зависит от сопротивления фоторезистора и изменяется с его освещенностью. Так как сопротивление фоторезистора при его освещении уменьшается, то в дневное время напряжение, питающее прибор, распределяется в основном между резисторами $R_1$ и $R_2$. С наступлением темноты увеличивается падение напряжения на фоторезисторе ФС-К1 и конденсаторе $C_1$. Как только напряжение на конденсаторе $C_1$ достигнет напряжения зажигания неоновой лампы, он зажигается. При разряде конденсатора $C_1$ через неоновую лампу реле $P_1$ сработает, его контакты $P_1^1$ замкнут цепь питания реле $P_2$ (МКУ-48), которое тоже срабатывает и своими контактами $P_2^2$ включает лампы ночного освещения (на рис. 42 лампа $Л_2$).

Так как якорь поляризованного реле $P_1$ имеет нейтральное положение, то после срабатывания реле его контакты остаются замкнутыми и удерживают реле $P_2$ во включенном состоянии. Так длится до тех пор, пока по обмотке реле $P_1$ не пройдет импульс тока обратной полярности.

Сразу же после срабатывания реле $P_1$ конденсатор $C_1$ оказывается подключенным через резистор $R_3$ и диод $Д_1$ параллельно резисторам $R_1$ и $R_2$ и полярность его заряда изменяется на обратную.

Падение напряжения на резисторах $R_1$ и $R_2$ недостаточно, чтобы зарядить конденсатор до напряжения зажигания неоновой лампы. Поэтому реле повторно не срабатывает.

Сопротивление резистора $R_1$ при регулировке реле выбирают таким, чтобы падение напряжения на резисторах $R_1$ и $R_2$ после включения фотореле было не больше напряжения зажигания неоновой лампы. С рассветом (при освещении фоторезистора) напряжение на резисторах $R_1$ и $R_2$ увеличивается, а на фоторезисторе уменьшается. Неоновая лампа зажигается. Через реле $P_1$ протекает импульс тока обратной полярности, его контакты размыкают цепь питания реле $P_2$, контакты которого отключают лампы ночного освещения.

Фоторезистор необходимо поместить в закрывающуюся коробочку из прозрачного оргстекла и сделать этот датчик выносным. В качестве источника света для фоторезистора используется естественное освещение в период суток. Датчик освещенности — фоторезистор — при этом выносится через форточный проем наружу и укрепляется держателем светочувствительной поверхностью в горизонтальной плоскости на доступной высоте.

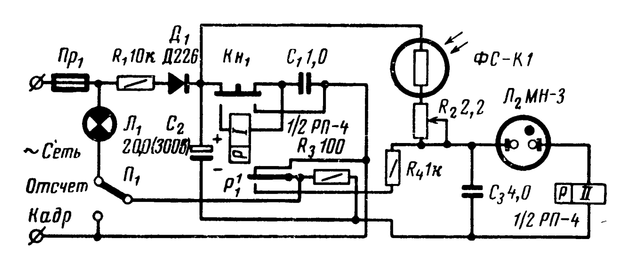



Рис. 43.

**Фотореле для фотопечати** (рис. 43) позволяет автоматизировать время горения лампы увеличителя в зависимости от плотности негатива.

Управление автоматом осуществляют кнопкой $Кн_1$. При нажатии кнопки конденсатор $C_1$, заряженный до напряжения выпрямителя на диоде $Д_1$, разряжается через обмотку *I* реле $P_1$. Якорь реле перебрасывается в положение, показанное на схеме (контакты $P_1$), и замыкает цепь питания лампы $Л_1$ фотоувеличителя. Лампа загорается. Одновременно напряжение выпрямителя подается к реле времени на неоновой лампе $Л_2$. Начинает заряжаться конденсатор $C_3$ через резистор $R_2$ и фоторезистор ФС-К1. Чем плотнее негатив и меньше освещенность фоторезистора, тем медленнее заряжается конденсатор $C_3$. Когда напряжение на конденсаторе достигнет напряжения зажигания неоновой лампы, конденсатор разряжается через нее и обмотку *II* реле $P_1$. Реле срабатывает, отключает лампу фотоувеличителя и замыкает конденсатор $C_3$ на резисторы $R_3$ и $R_4$. Автомат снова готов к работе.

Выдержку времени можно также регулировать переменным резистором $R_2$.

При установке кадра и наводке на резкость переключатель $П_1$ (тумблер) устанавливают в положение *Кадр*.

Количество и тип деталей позволяют смонтировать прибор под доской фотоувеличителя. Однако прибор удобнее смонтировать в виде приставки к увеличителю. Тогда фоторезистор нужно сделать вы-

носным с той целью, чтобы иметь возможность перемещать его по полю кадра.

**Реле-предохранитель.** Электродвигатель трехфазного тока имеет три обмотки. При включении его «звездой» к началу обмоток присоединяют три токонесущих провода электросети, а концы обмоток соединяют с нулевым проводом — заземляют. При исправном электродвигателе ток в нулевом проводе равен нулю. В случае обрыва одного из токонесущих проводов двигатель работы не прекращает, однако обмотки его греются, что небезопасно в противопожарном отношении. Схема реле-предохранителя показана на рис. 44. Обрыв

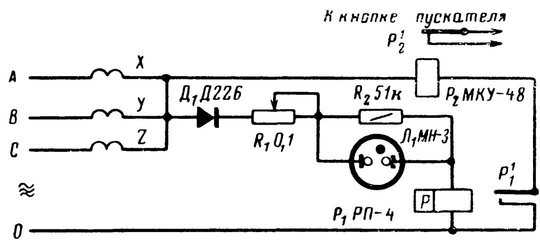



Рис. 44.

токонесущего провода приводит к возникновению тока в нулевом проводе, который создает падение напряжения на резисторах $R_1$ и $R_2$. Напряжение на резисторе $R_2$ может достичь такой величины, что вызовет зажигание неоновой лампы $Л_1$ и срабатывание реле $P_1$, которое в свою очередь включает реле $P_2$.

Если контакты реле $P_2$ будут последовательно соединены с зажимами кнопки *Стоп* магнитного пускателя, то реле при срабатывании будет отключать электродвигатель от сети и тем самым предохранять его от перегрева.

**Автомат блокировки** (рис. 45). В электросети, особенно в сельской местности, наблюдаются колебания напряжения, достигающие иногда 40% номинального напряжения. Такие изменения напряжения

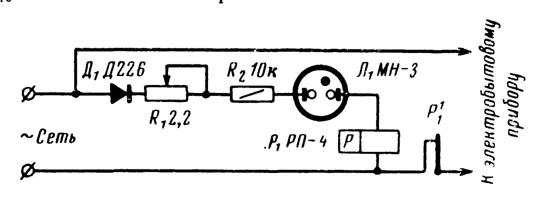



Рис. 45.

могут вывести из строя бытовые электроприборы. На работу одних из них (радиоприемники, телевизоры) вредно влияет повышение напряжения, а на работу других — понижение напряжения.

Если для электроприбора вредно повышение напряжения, то в автомат ставят электромагнитное реле с нормально замкнутыми контактами, если, наоборот, для него вредно понижение напряжения, то реле с нормально разомкнутыми контактами. В первом случае автомат будет отключать электроприбор при повышении напряжения, например, до 230 *в* и снова включать по восстановлении напряжения 220 *в*. Во втором случае реле будет срабатывать при падении напря-

жения в сети, например, с 220 до 170 *в* и временно отключать нагрузку.

Резистором $R_1$ устанавливают величину напряжения, при котором автомат должен сработать. Внешний вид и вид со стороны монтажа автомата блокировки показан на рис. 46 и 47.

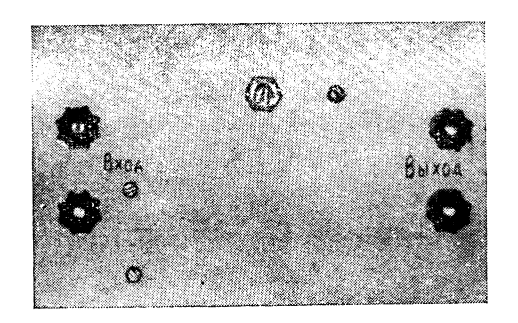



Рис. 46.

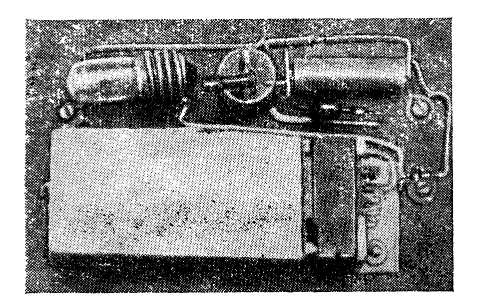


Рис. 47.

**Автомат отключения телевизора.** Для защиты телевизора от перенапряжения сети можно смонтировать автомат по схеме на рис. 48. При перенапряжении в сети (230—240 *в*) конденсатор $C_1$ заряжается до напряжения зажигания неоновой лампы. При этом неоновая лам-

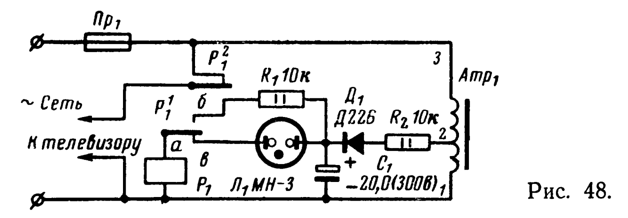



Рис. 48.

па зажигается и разрядный ток, проходя через обмотку реле $P_1$, вызывает его срабатывание. Контакты реле $P_1^2$ разрывают цепь питания телевизора, а контакт *а* группы $P_1^1$ перебрасывается из

положения *в* в положение *б* и реле $P_1$ встает на самоблокировку. Как только напряжение в сети станет номинальным или ниже его, реле $P_1$ отпускает и контакты $P_1^2$ замыкают цепь питания телевизора.

Сопротивление резистора $R_1$ должно быть таким, чтобы после срабатывания реле ток, проходящий через обмотку реле, не был бы меньше тока отпускания. Сопротивление резистора $R_1$ зависит от сопротивления обмотки реле. В приборе применяют реле типа РС с током срабатывания 2—3 *ма*.

Автотрансформатор может быть выполнен на Ш-образном сердечнике сечением 6 *см*² (железо от выходного трансформатора) и иметь 2 200 витков провода ПЭЛ-0,2. Секция *1—2* должна иметь 500—600 витков. Количество витков этой секции зависит от величины напряжения зажигания неоновой лампы.

Неоновую лампу автомата необходимо закрыть светонепроницаемым колпачком, так как свет влияет на напряжение зажигания ее.

**Автомат к кинопроектору.** При запуске кинопроектора сначала включают электродвигатель лентопротяжного механизма, а затем, спустя некоторое время, проекционную лампу. Для автоматического

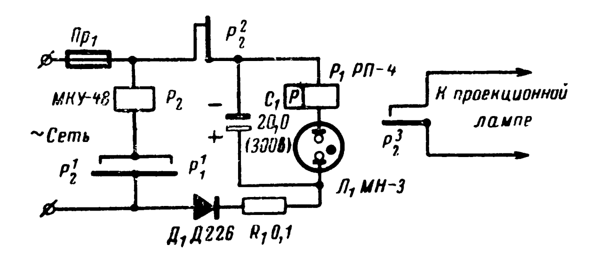



Рис. 49.

включения проекционной лампы на пульте дистанционного управления киноаппаратом целесообразно иметь реле времени (рис. 49). При включении электродвигателя одновременно подается напряжение сети на реле времени на неоновой лампе $Л_1$. Конденсатор $C_1$ заряжается до напряжения зажигания неоновой лампы. Когда лампа зажигается, срабатывает реле $P_1$ и замыкает контактами $P_1^1$ цепь питания реле $P_2$, которое самоблокируется контактами $P_2^1$, а контактами $P_2^3$ замыкает цепь питания проекционной лампы. После демонстрации фильма кинопроектор отключают от сети выключателем на пульте управления.

**Автомат к фильмоскопу.** Автоматизировать продвижение диафильма в фильмоскопе можно с помощью реле времени, контакты электромагнитного реле которого периодически будут включать электродвигатель типа СД-60, связанный с лентопротяжным механизмом. Схема такого реле времени — автомата приведена на рис. 50.

Питание на реле времени подается одновременно с включением проекционной лампы фильмоскопа. На экран проецируется изображение кадра диафильма. Через некоторый промежуток времени, регулируемый переменным резистором $R_2$, конденсатор $C_2$ зарядится до

напряжения зажигания неоновой лампы $Л_1$. Лампа зажжется, сработает реле $P_1$ и контактами $P_1^1$ включит электродвигатель *ЭД* (СД-60) лентопротяжного механизма фильмоскопа.

Так как реле $P_1$ имеет две обмотки и отрегулировано на две позиции, то после потухания неоновой лампы $Л_1$ электродвигатель лентопротяжного механизма не отключается. Он отключится только после срабатывания реле времени на лампе $Л_2$.

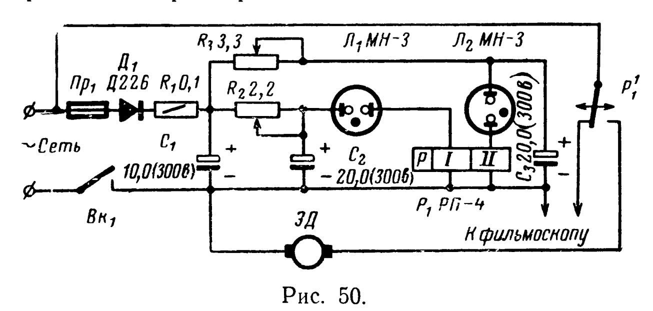



Рис. 50.

При замыкании тумблера $Вк_1$ одновременно подается напряжение питания на лампу фильмоскопа и оба реле времени. Так как $R_3$ больше $R_2$, то неоновая лампа $Л_2$ зажигается после того, как диафильм продвинется на один кадр. Когда зажжется неоновая лампа $Л_2$, через вторую обмотку реле $P_1$ проходит импульс тока обратной полярности и якорь реле перебрасывается в начальное положение. При этом реле $P_1$ своими контактами снова замыкает цепь питания проекционной лампы фильмоскопа.

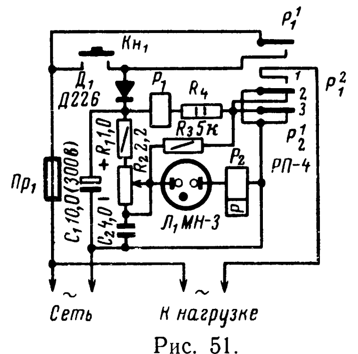



Рис. 51.

Во время смены кадров лампа фильмоскопа выключается и изображения кадров на экран не проецируются.

**Автомат экономии электроэнергии.** Принципиальная схема этого реле времени—автомата изображена на рис. 51.

Если установить такой автомат в подъезде дома или общественном коридоре и поставить запараллеленные кнопки на каждой лестничной площадке или у каждой квартиры, то он будет включать осветительные лампы при нажатии кнопки $Кн_1$ и автоматически отключать их. Например, вы входите в подъезд и нажатием кнопки включаете свет, он выключится автоматически после того, как вы уже пройдете в свою квартиру. Таким образом, осветительные лампы включаются и горят не всю ночь, а только тогда, когда в этом есть необходимость.

При нажатии кнопки $Кн_1$ срабатывает реле $P_1$ и замыкает две пары контактов $P_2^1$, $P_1^2$. Контакты $P_1^1$ служат для автоблокировки реле $P_1$, контакты *1*, *2* группы $P_1^2$ замыкают цепь питания освети-

тельных ламп, через $P_1^1$ и резисторы $R_1$, $R_2$ подается напряжение питания на конденсатор $C_2$. Конденсатор $C_2$ заряжается до напряжения зажигания неоновой лампы, а затем разряжается через нее и обмотку реле $P_2$. Реле $P_2$ срабатывает и своими контактами $P_2^1$ разрывает цепь питания реле $P_1$. При этом конденсатор $C_2$ замыкается контактами *2*, *3* группы $P_1^2$ на резистор $R_3$ и полностью разряжается.

Продолжительность включения нагрузки можно регулировать резистором $R_2$. Резистор $R_4$ является добавочным к реле $P_1$, подбором сопротивления этого резистора устанавливают номинальный ток через обмотку реле $P_1$.

Конденсатор $C_1$ сглаживает пульсации выпрямленного тока.

**Термореле.** Термореле может быть применено для сигнализации предельной температуры.

Принципиальная схема этого вида электронного реле на термисторе и неоновой лампе показана на схеме рис. 52.

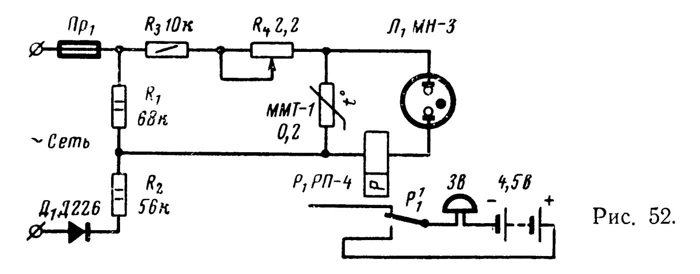



Рис. 52.

Выпрямленный диодом $Д_1$ ток проходит через делитель напряжения на резисторах $R_1$ и $R_2$. Делитель напряжения понижает напряжение, подаваемое на термореле. Напряжение с резистора $R_1$ подается на последовательно соединенные резисторы $R_3$, $R_4$ и терморезистор ММТ-1. Сопротивление терморезистора ММТ-1 постоянному току при температуре 20° С равно 100—200 *ком*. Падение напряжений на резисторах $R_3$ и $R_4$ прямо пропорционально их сопротивлениям. При перемещении ползунка переменного резистора $R_4$ изменяется и падение напряжений на участках цепи. Это позволяет обеспечить на терморезисторе такое падение напряжения, при котором неоновая лампа зажигается и реле $P_1$ срабатывает.

Терморезистор, обмазанный оксидной смолой (она быстро затвердевает), помещают в воду. При нагревании терморезистора водой его сопротивление уменьшается настолько, что падение напряжения на нем станет меньше напряжения гашения неоновой лампы. При этом лампа $Л_1$ гаснет, якорь реле перекидывается и включает электрозвонок.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ

Проводя опыты по физике дома, ученик как бы продолжает эксперимент, начатый в школе. Но в отличие от школьного урока, где он чаще бывает наблюдателем (при постановке демонстрационных опытов) и реже экспериментатором (при выполнении лабораторных работ), в домашних условиях он становится и экспериментатором, и исследователем, и даже конструктором.

Так как в домашних условиях опыты проводятся с использованием простейшего оборудования, отличного от школьного, то при выполнении их самим придется продумывать и составлять планы опытов и экспериментов, конструировать установки, самим воспроизводить физическое явление, анализировать результаты опытов, делать выводы. Это будет способствовать применению и закреплению знаний, полученных в школе, их расширению и добыванию новых.

Описываемые здесь опыты, которые могут быть поставлены в домашних условиях, относятся к разделу «Электричество» школьного курса физики.

**Обнаружение электрического заряда.** Как было уже замечено, при приближении неоновой лампы к наэлектризованной трением расческе, эбонитовой палочке или какому-либо другому предмету в лампе возникает тлеющий разряд. Длительность свечения лампы зависит от степени электризации тела и площади соприкосновения ее контактного вывода с наэлектризованным предметом. Если лампу перемещать вдоль наэлектризованного предмета, то она периодически вспыхивает. Во время опыта неоновую лампу следует держать за цоколь, а приближать к наэлектризованному предмету выводом второго электрода.

Не все предметы и тела при трении электризуются в одинаковой степени. У электрофорной машины, например, электризуются только алюминиевые секторы, нанесенные на диски, и не электризуются сами диски.

Неоновой лампой МН-3 можно определить знак заряда наэлектризованного предмета. Ее внешний электрод обычно является катодом, а внутренний — анодом. Если свечение возникло у катода, то предмет заряжен отрицательно, у анода — положительно.

**Электризация через влияние.** Незаряженного шарообразного тела на изолирующей подставке, например кофейника, коснитесь неоновой лампой. Наэлектризованную трением эбонитовую палочку или расческу приближайте, но не касайтесь ею незаряженного тела (рис. 53). При быстром приближении наэлектризованного предмета к шару неоновая лампа вспыхивает. Это значит, что в незаряженном теле (проводнике) произошло разделение зарядов и оно наэлектризовалось через влияние, причем на противоположных поверхностях тела возникли заряды противоположных знаков.

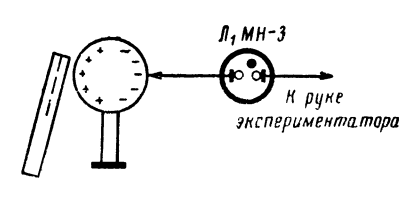


Рис. 53.

О знаках зарядов судят по свечению электродов лампы.

**Поляризация диэлектрика.** Этот и последующие опыты удобнее проводить с помощью пробника, описанного ранее (см. рис. 10).

Для этого опыта нужен конденсатор с воздушным диэлектриком. Обкладками такого конденсатора могут быть две жестяные пластины размерами примерно 10×10 *см* или металлические крышки от консервных банок, если припаять к ним отрезки медного провода диаметром 1—2 *мм* длиной по 10—15 *см*. На свободных концах проводников сделайте петельки под зажимы на пробнике. Расстояние между обкладками конденсатора после закрепления их на шасси можно изменять путем изгиба проводников.

Между обкладками конденсатора поместите пластинку из органического стекла или эбонита, несколько превышающую по площади обкладки конденсатора. Пластинка не должна касаться обкладок конденсатора.

Сообщите конденсатору заряд от выпрямителя или эбонитовой палочки, наэлектризованной трением. Держа неоновую лампу за цоколь, выводом ее второго электрода прикоснитесь к диэлектрику — лампа дает вспышку слабой яркости. Для более яркой вспышки лампы необходимо, чтобы через нее проходил большей величины заряд. Для этого увеличьте площадь соприкосновения диэлектрика с электродом лампы, припаяв к выводу катода пластинку из латуни или жести размерами примерно 4×4 *см*.

Убедиться в том, что поляризация диэлектрика исчезает не сразу после снятия электрического поля (разряда конденсатора), можно следующим образом. Зарядите конденсатор, извлеките из него пластинку из органического стекла и поднесите к ней неоновую лампу. Лампа ярко вспыхивает при касании ею любого участка диэлектрика с любой его стороны.

**Зависимость энергии, накопленной конденсатором, от его емкости и подводимого к нему напряжения.** К зажимам *1* и *3* пробника подключить конденсатор емкостью 1 *мкф*, а к зажимам *3* и *4* — резистор сопротивлением 100 *ком* (рис. 54). Включите питание. Конденсатор зарядится до напряжения источника питания. Переключите вывод конденсатора, соединенный с зажимом *1*, на зажим *2*. Конденсатор разрядится через неоновую лампу и резистор. Проведите такой же опыт с конденсатором емкостью 4 *мкф*.

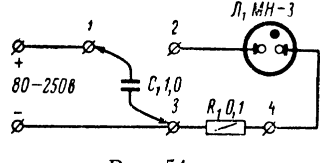



Рис. 54.

Напряжение, до которого заряжаются первый и второй конденсаторы, одинаково, одинаковы и сопротивления разрядных цепей, а время разряда конденсаторов различно: для конденсатора емкостью 1 *мкф* оно равно примерно 1 *сек*, а для конденсатора емкостью 4 *мкф* — 4 *сек*. Опыт показывает, что время разряда конденсатора прямо пропорционально его емкости. Значит, и энергия, накапливаемая конденсатором, зависит от его емкости.

Для изучения зависимости энергии, запасенной конденсатором, от напряжения питания нужен источник постоянного напряжения 250 *в* (выпрямитель) и с ним следует провести опыты с конденсаторами емкостью в 1 и 4 *мкф*. Опыты покажут, что с повышением напряжения питания время разряда, величина разрядного тока конденсатора увеличиваются, о чем можно судить по яркости и продолжительности свечения неоновой лампы. Значит, энергия, накапливаемая конденсатором, зависит и от величины поданного на него напряжения.

Объединяя оба вывода, нетрудно убедиться в правильности формулы

$$W = \frac{CU^2}{2},$$

где $W$ — энергия, накапливаемая конденсатором;
$C$ — емкость конденсатора, *ф*;
$U$ — напряжение источника постоянного тока.

**Направления тока заряда и тока разряда конденсатора.** К зажимам *1* и *2* пробника присоедините конденсатор емкостью 1 *мкф*, к зажимам *3* и *4* — резистор сопротивлением 100 *ком*. Напряжение питания — не ниже 120 *в*. В момент включения питания неоновая лампа вспыхивает, а конденсатор заряжается. Так как газ в лампе светится возле катода, то нетрудно определить направление зарядного тока. После заряда конденсатора неоновая лампа гаснет.

Отсоедините вывод конденсатора от зажима *1* и присоедините его к зажиму *3*. Конденсатор разряжается, а свечение газа возникает у другого электрода лампы — анода. Значит, ток заряда и ток разряда конденсатора противоположны по направлению.

**Регистрация слабых токов.** Из-за малой величины тока, проходящего через неоновую лампу после ее зажигания (до 1—3 *ма*), с ее помощью можно регистрировать токи в проводниках, обладающих большими сопротивлениями. Такими проводниками могут быть, например, нитка, смоченная водой или одеколоном, чистая вода, линия на бумаге, начерченная карандашом или тушью.

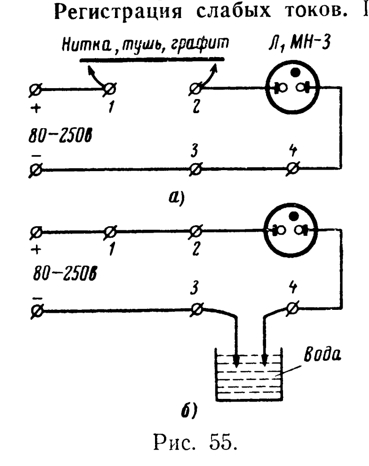


Рис. 55.

Зажимы *3* и *4* пробника закоротите проволочной перемычкой, к зажимам *1* и *2* присоедините простейшие щупы — отрезки изолированной проволоки с оголенными концами (рис. 55,*а*), включите питание, натяните нитку, смочите ее водой, а затем щупами коснитесь ее концов. Теперь неоновая лампа светится при длине нитки до 50 *см*. Если такую же нить смочить одеколоном, то неоновая лампа будет светиться при длине нитки лишь до 3—5 *см*.

Начертите на белой бумаге тушью или карандашом прямую линию толщиной около 1 *мм* и коснитесь ее щупами. Неоновая лампа светится, когда длина линии между щупами не превышает 3—4 *см*.

Опустите щупы в стакан с водой (рис. 55,*б*) — неоновая лампа зажжется, указывая на электропроводность воды. Лампа будет светиться ярче, если растворить несколько граммов поваренной соли.

Подайте на входные зажимы напряжение не выше 60 *в*, а к зажимам *3* и *4* присоедините резистор сопротивлением 100 *ком*, затем зажмите пальцами оголенные концы щупов — неоновая лампа будет светиться. Значит, тело человека тоже является проводником. Яркость свечения неоновой лампы пропорциональна величине (силе) тока, проходящего через нее. Величина тока будет тем больше, чем больше площадь соприкосновения тела с проводниками щупов, чем лучше контакты между ними и меньше сопротивление тела человека.

**Зависимость сопротивления проводника от его размеров и материала.** На белой бумаге начертите три линии одинаковой длины: первую — мягким карандашом, вторую — тем же карандашом, в 2 раза толще, третью — химическим карандашом толщиной, как и первая. Это три проводника. Щупами, как и в предыдущем опыте, по очереди касайтесь этих проводников и наблюдайте за электродами неоновой лампы. По моменту зажигания и яркости свечения неоно-

вой лампы вы убедитесь в справедливости формулы

$$R = \rho \frac{L}{S}.$$

**Закон Ома.** В этом опыте, как и в предыдущем, о величине тока будете судить по яркости свечения неоновой лампы.

К зажимам *1* и *2* присоедините резистор сопротивлением 100 *ком*, зажимы *3* и *4* закоротите, изменяя напряжение питания от 80 до 250 *в*, наблюдайте за свечением неоновой лампы. С увеличением напряжения яркость свечения лампы, а следовательно, и величина тока, проходящего через нее, возрастает. Вывод: ток в цепи прямо пропорционален напряжению.

Резистор, подключенный к зажимам *1* и *2*, замените другим сопротивлением 500 *ком*. По сравнению с предыдущим опытом неоновая лампа светится слабее, значит, ток в цепи уменьшается. Эти опыты — наглядная иллюстрация закона Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}.$$

**Проводимость газа.** Газ — хороший изолятор. Однако при определенных условиях, например под действием ионизатора, он становится проводником.

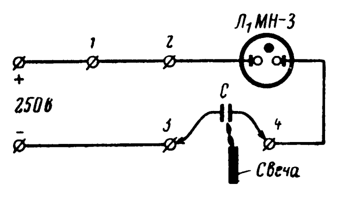



Рис. 56.

Для наблюдения этого явления присоедините к зажимам *1* и *2* пробника конденсатор с воздушным диэлектриком (такой же, как в опыте с поляризацией диэлектрика), расположив его обкладки на расстоянии 2—3 *см*. Включите питание (250 *в*), а затем, не касаясь обкладок, внесите между ними горящую спичку или свечу (рис. 56). Неоновая лампа светится. Яркость ее свечения зависит от расстояния между обкладками конденсатора и интенсивности пламени. Газ (в нашем примере — воздух), следовательно, под действием ионизатора становится проводником.

Ионизатором может быть также радиоактивное излучение светящегося циферблата часов, светящейся стрелки компаса.

**Распределение напряжения на резисторах, соединенных последовательно и параллельно.** Зажимы *1*, *2* и *3*, *4* пробника закорачивают, на входные зажимы подают напряжение питания с делителя напряжения, состоящего из трех резисторов. На делитель же подают напряжение с выпрямителя (рис. 57).

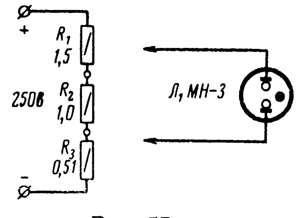



Рис. 57.

Поочередно присоединяют неоновую лампу к резисторам $R_1$, $R_2$, $R_3$ делителя напряжения и наблюдают, что лампа зажигается при присоединении к резисторам $R_1$ и $R_2$, но не зажигается при присоединении к резистору $R_3$. Чем больше сопротивление резистора, тем ярче светится неоновая лампа. Опыт показывает, что при последовательном соединении резисторов напряжения на них распределяются в прямо пропорциональной зависимости от их сопротивления.

Если все резисторы делителя соединить параллельно и подать напряжение с выпрямителя, то при присоединении неоновой лампы (в этом случае к зажимам *1*, *2* пробника нужно присоединить резистор на 100 *ком*) к каждому резистору она горит совершенно одинаково. Опыт убеждает в том, что при параллельном соединении резисторов напряжения на них одинаковы.

**Проводимость полупроводников**. Исследование терморезисторов и фоторезисторов.

К зажимам *1* и *2* пробника присоедините реостатом переменный резистор сопротивлением 2,2 *Мом*, к зажимам *2* и *3* — фоторезистор, зажимы *3* и *4* закоротите (рис. 58). Ползунком переменного резистора подберите такое сопротивление цепи, чтобы при неосвещенном фоторезисторе неоновая лампа зажглась. Если затем фоторезистор осветить, то неоновая лампа перестанет светиться.

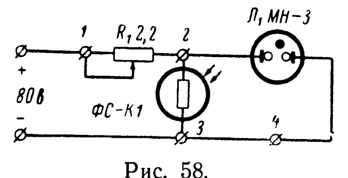


Рис. 58.

При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается, в результате чего происходит перераспределение напряжения между резистором $R_1$ и фоторезистором ФС-К1: на резисторе $R_1$ оно увеличивается, а на фоторезисторе уменьшается.

К зажимам *2* и *3* вместо фоторезистора подключите термистор типа ММТ-1, сопротивление которого при комнатной температуре не превышает 220 *ком*. Изменяя сопротивление резистора, добейтесь зажигания неоновой лампы. Опустите термистор в стакан с горячей водой — неоновая лампа погаснет. Значит, при нагревании термистора его сопротивление уменьшается.

**Обнаружение э. д. с. самоиндукции.** В цепях постоянного тока, обладающих индуктивностью, при замыкании и размыкании их возникает ток самоиндукции. Обнаружить его можно с помощью неоновой лампы.

К зажимам *1* и *2* пробника присоедините контакты звонковой кнопки, к зажимам *2* и *3* — катушку с достаточно большой индуктивностью, в качестве которой можно использовать первичную обмотку выходного трансформатора лампового радиоприемника или низкочастотный дроссель, а к зажимам *3* и *4* — резистор сопротивлением 100 *ком* (рис. 59).

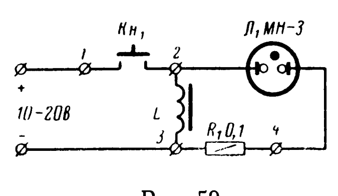


Рис. 59.

Напряжение питания (10—20 *в*) меньше напряжения зажигания неоновой лампы. Однако в моменты замыкания и размыкания контактов кнопки лампа вспыхивает.

Что иллюстрирует этот опыт? То, что э. д. с. самоиндукции по своей величине значительно превосходит напряжение питания опытной схемы. Свечение газа в лампе при замыкании цепи возникает возле одного и того же электрода, а при размыкании — возле другого электрода. Это означает, что полярность э. д. с. самоиндукции при размыкании и замыкании противоположна.

По яркости свечения неоновой лампы можно приближенно судить об индуктивности катушки и влиянии на ее индуктивность ферромаг-

нитного сердечника: с увеличением числа витков катушки и с введением в нее сердечника неоновая лампа светится ярче.

**Амплитудное и действующее значения напряжения переменного тока.** При питании неоновой лампы переменным током свечение газа наблюдается у обоих электродов, так как каждый из них попеременно с частотой тока становится катодом.

Опыт проводите, пользуясь схемой, показанной на рис. 60. Перемещая ползунок потенциометра снизу вверх (по схеме), уловите момент зажигания неоновой лампы. Вольтметр переменного тока, подключенный параллельно неоновой лампе, покажет меньшее напряжение, чем измеренное ранее напряжение зажигания при включении ее в цепь постоянного тока.

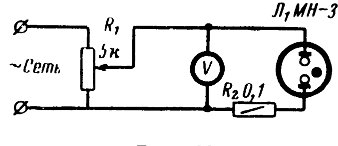


Рис. 60.

Лампа зажигается от амплитудного значения напряжения переменного тока, а вольтметр показывает действующее значение напряжения этого тока. Какое соотношение между ними?

Допустим, что напряжение зажигания неоновой лампы в цепи постоянного тока равно 45 *в*, а действующее значение напряжения переменного тока, показанное вольтметром в момент зажигания лампы, — 32 *в*. Тогда

$$\frac{U_{\text{ампл}}}{U_{\text{действ}}} = \frac{45\ в}{32\ в} = 1{,}4 = \sqrt{2}.$$

Следовательно, действующее значение напряжения переменного тока в $\sqrt{2}$ раз меньше амплитудного его значения.

**Сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока.** Если неоновую лампу, питающуюся постоянным током, быстро вращать по кругу, как грузик, подвешенный на нитке, она «начертит» в воздухе светящееся сплошное кольцо. При питании же переменным током кольцо образует светящаяся штриховая линия.

В том, что при активной нагрузке в цепи переменного тока ток и напряжение совпадают по фазе, можно убедиться на следующем опыте. К двум последовательно соединенным резисторам $R_1$ и $R_2$ с помощью длинных многожильных шнуров присоединяют неоновые лампы $Л_1$ и $Л_2$ и включают в сеть (рис. 61). Приводят лампы в быстрое круговое движение и получают картину *1*, показанную на рис. 62.

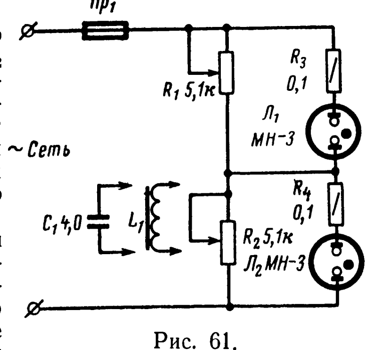


Рис. 61.

В цепи же с индуктивной или емкостной нагрузкой ток и напряжение переменного тока не совпадают по фазе. Сдвиг фаз можно обнаружить с помощью тех же двух неоновых ламп, включенных по схеме на рис. 61. Индуктивной нагрузкой ($L_1$) служит первичная обмотка выходного трансформатора лампового приемника, а емкостной — конденсатор ($C_1$). Лампы располагают рядом на шнуре и после подачи напряжения приводят

в быстрое круговое движение. Штриховые линии, образующие две светящиеся окружности *2*, сдвинуты относительно друг друга (рис. 62). Значит, напряжения на активной и индуктивной нагрузках

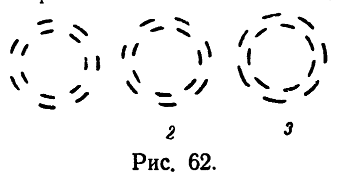



Рис. 62.

этой цепи сдвинуты по фазе. Сдвиг фаз регулируется в некоторых пределах с помощью переменного резистора $R_1$.

Заменяют катушку конденсатором и снова наблюдают сдвиг фаз *3* (рис. 62).

Опыты убеждают в том, что при активной нагрузке ток и напряжение совпадают по фазе, при индуктивной нагрузке ток отстает по фазе от напряжения, при емкостной нагрузке ток опережает по фазе напряжение.

Для большей безопасности при проведении опытов неоновые лампы нужно закрепить на деревянной линейке и во время опытов линейку приводить в движение.

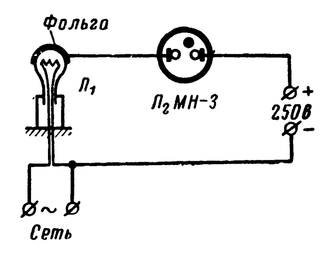



Рис. 63.

**Термоэлектронная эмиссия.** Для этого опыта потребуется, кроме неоновой лампы и источника постоянного тока напряжением 250 *в*, лампа накаливания мощностью 40—60 *вт*, например настольная (на рис. 63 — $Л_1$). На баллон лампы накаливания наложите алюминиевую фольгу и соедините ее с неоновой лампой, а один из выводов нити накала — с отрицательным полюсом источника питания. Включите лампу накаливания в электроосветительную сеть. Одновременно с ней зажжется и неоновая лампа. Измените полярность напряжения на электродах неоновой лампы. Лампа светиться не будет.

Раскаленная нить лампы накаливания испускает электроны. Под действием электрического поля электроны достигают внутренней поверхности стеклянного баллона лампы и заряжают его отрицательно. При этом алюминиевая фольга по закону индукции заряжается так, что на ее поверхности, обращенной к стеклу, образуется положительный, а на противоположной — отрицательный заряды. Электроны как бы замыкают участок нить — баллон лампы накаливания, в результате чего неоновая лампа зажигается.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 12 коп.